



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

**Exigência proteica e ingrediente alternativo em dietas para juvenis
de cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum***

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Aquicultura.

Orientadora: Débora Machado Fracalossi
Co-orientadora: Dariane Beatriz Schoffen Enke

Fernando Henrique Gomes Cornélio

Florianópolis - SC
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cornélio, FERNANDO HENRIQUE GOMES CORNÉLIO

Exigência proteica e ingrediente alternativo em dietas para juvenis de cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum* / FERNANDO HENRIQUE GOMES CORNÉLIO Cornélio ; orientadora, Débora Machado Fracalossi ; co-orientadora, Dariane Schoffen Enke. - Florianópolis, SC, 2014.

94 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Cachara. 3. Ingrediente alternativo. 4. Desempenho. 5. Farinha de vísceras. I. Fracalossi, Débora Machado . II. Enke, Dariane Schoffen. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

Exigência proteica e ingrediente alternativo em dietas para juvenis de cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*

Por

FERNANDO HENRIQUE GOMES CORNÉLIO

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de

DOCTOR EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura.

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Dra. Débora Machado Fracalossi – *Orientadora*

Dr. Eduardo Cargnin Ferreira

Dr. Evoy Zaniboni Filho

Dra. Maude Regina de Borba

Dr. Vinícius Ronzani Cerqueira

Dedico a minha família: Fernando Albertine Cornélio e Rita Maria Gomes Cornélio, meus pais, Ana Livia Gomes Cornélio, irmã e Ana Marques Gomes, avó, pelos valores ensinados, por todo apoio, confiança e amor que sempre demonstraram.

AGRADECIMENTO

À professora e orientadora Débora Machado Fracalossi, pelo conhecimento repassado, paciência em ensinar e ajudar nas necessidades do dia a dia, e por ser essa pessoa tão querida e amável com todos.

À professora Dariane Beatriz Schoffen Enke pela co-orientação e auxílio nas dificuldades, sempre presente quando requerida.

Ao professor Eduardo Cargnin-Ferreira, pela ajuda nas análises, escrita e discussão nos estudos de histologia.

A todos os funcionários do LAPAD, representada pelos professores Evoy Zaniboni Filho e Alex Pires de Oliveira Nuñez, onde pude realizar minhas pesquisas.

À Mariana Aquilante Policarpo que me incentivou na maioria do tempo, pra que eu chegasse até aqui.

Ao amigo Douglas Amaral da Cunha, que realizou praticamente todos os projetos em parceria, pela ajuda do dia a dia.

Ao amigo Fernando Brignol, gerente do bloco B, pela paciência e ajuda durante as pesquisas e por dividir seu apartamento.

Aos amigos e companheiros do LAPAD: Katia Heller, Dariane, Bruna Mattioni, Vítor Fernandes, Sônia, Ricardo Berto, Luiz Eduardo, Camila, Tatiana, Maria Fernanda, Renata, Daniel, Mayara, Maitê, Juliano, Lucas, Janice, Túlio, Mariana, Moisés, Jonh, Josiane, Jaqueline.

À Dra. Emiko Kawakami de Resende, coordenadora do projeto AQUABRASIL, pelo apoio concedido para a implementação de estudos com o cachara no LABNUTRI, tanto na obtenção dos exemplares como no financiamento via MPA e EMBRAPA.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização destas pesquisas.

RESUMO

Foi avaliada a exigência proteica e a utilização da farinha de vísceras de frango (FV) como ingrediente alternativo à farinha de peixe (FP) em dietas para juvenis de cacharas, *Pseudoplatystoma reticulatum*. Para determinação da exigência proteica, grupos de 15 juvenis ($16,08 \pm 1,13$ g) foram alimentados com dietas isoenergéticas (4.600 kcal/kg de energia bruta), com crescentes concentrações de proteína bruta (PB) (30, 35, 40, 45, 50 e 55%), por 60 dias. A análise de regressão mostrou efeito quadrático ($P < 0,05$) das variáveis de desempenho com o aumento da proteína na dieta, sendo os melhores valores observados nos peixes alimentados com a dieta contendo 50% de (PB). Similarmente, as atividades de protease foram significativamente maiores ($P < 0,05$) nos peixes alimentados com 50% PB. Não foram encontradas diferenças significativas na digestibilidade da proteína e matéria seca, entre as dietas testadas (45, 50 e 55% PB). Baseando-se no ganho em peso, a exigência proteica do cachara é 49,25% de PB (44,79% proteína digestível). No ensaio para testar a substituição proteica, seis grupos com nove peixes ($87,75 \pm 15,91$ g) foram alimentados com dietas isocalóricas (5.000 kcal/kg de energia bruta) e isonitrogenadas (50% PB), contendo diferentes níveis de substituição da FP pela FV (0, 20, 40, 60, 80 e 100%), por 60 dias. Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) das variáveis de desempenho com o aumento da inclusão da FV na dieta, sendo os melhores resultados observados nos peixes alimentados com a dieta contendo 80% de substituição da FP pela FV, o que corresponde a inclusão de 53,73% de FV e 12,52% de FP. Entretanto, não foram encontradas diferenças significativas na digestibilidade da proteína e matéria seca entre as dietas com 0, 40, 60 e 100% de substituição do ingrediente proteico. A análise histológica do estômago, fígado, intestino também não revelou diferença entre os peixes que receberam os diferentes níveis de substituição.

Palavra chave: siluriforme, farinha de peixe, farinha de vísceras, carnívoro, desempenho.

ABSTRACT

We evaluated the protein requirement and the use of poultry by product meal (PM) as an alternative ingredient to fish meal (FM) for juvenile cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*. To determine the protein requirement, groups of 15 juveniles (16.8 ± 13.1 g) were fed isoenergetic diets (4,600 kcal/kg crude energy) with increasing crude protein concentrations (CP) (30, 35, 40, 45, 50 and 55%) for 60 days. Regression analysis showed a quadratic effect ($P < 0.05$) of the growth variables as dietary protein increased, and the best values were observed in fish fed the diet containing 50% (CP). Similarly, the protease activities were significantly higher ($P < 0.05$) in fish fed the 50% CP diet. No differences were found ($P < 0.05$) in protein digestibility and dry matter among the diets tested (45, 50, or 55% CP). Based on weight gain, the protein requirement estimated for juvenile cachara is 49.25% (44.79% digestible protein). Another trial was designed to test dietary protein replacement. Six groups of nine cachara (87.75 ± 15.91) were fed isocaloric (5,000 kcal/kg gross energy) and isonitrogenous (50% CP) diets containing different levels of replacement of FM by poultry by-product meal (PBM) (0, 20, 40, 60, 80, 100), for 60 days. There was a quadratic effect ($P < 0.05$) of the performance variables as dietary PBM increased and the best values were observed in fish fed diet containing 80% replacement of FM by PBM, which corresponds to an inclusion of 53.73% and 12.52% of PBM and FP, respectively. However, there were no significant differences in protein and dry matter digestibility among fish fed diets with 0, 40, 60 or 100% protein replacement. Histological analysis of the stomach, liver, intestines also showed no difference among fish receiving different levels of protein replacement.

Keywords: Siluriformes, Fish Meal, Poultry by-Product Meal, Carnivore, Performance.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Regressão polinomial de segunda ordem do ganho em peso e retenção proteica de juvenis de cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*), quando alimentados com diferentes concentrações de proteína bruta por 60 dias. Média e erro padrão de três repetições 41
- Figura 2. Atividade específica (A) e absoluta (B) da tripsina, em diferentes segmentos do intestino (FG = Anterior, MG = Médio, HG = Posterior) de juvenis de cachara alimentados com níveis crescentes de proteína..... 44
- Figura 3. Atividade específica (A) e absoluta (B) da quimotripsina, em diferentes segmentos do intestino (FG = Anterior, MG = Médio, HG = Posterior) de juvenis de cachara alimentados com níveis crescentes de proteína..... 45
- Figura 4. Atividade específica (A) e absoluta (B) da pepsina, no estômago de juvenis de cachara alimentados com níveis crescentes de proteína..... 46
- Figura 5. Zimograma do intestino anterior de juvenis de cacharas alimentados com níveis crescentes de proteína. Nota-se provavelmente as bandas de quimotripsina (A, B, e C) 47
- Figura 6. Regressão polinomial de segunda ordem do ganho em peso e retenção proteica de juvenis de cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*), quando alimentados com diferentes substituições da proteína de resíduo de salmão, pela proteína de farinha de vísceras por 60 dias..... 65
- Figura 7. Imagens representativas do parênquima hepático, do controle 0% (A), 20% de substituição (B) , 40% de substituição (C), 60% de substituição (D), 80% de substituição (E) e 100% de substituição (F). Magnificação: 1000x; Coloração: Cason 69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estudos com peixes carnívoros, onde a substituição da farinha de peixe pela farinha de vísceras, não prejudicou o desempenho dos animais	23
Tabela 2. Estudos com peixes carnívoros, onde o nível de substituição da farinha de peixe pela farinha de vísceras, prejudicou o desempenho dos animais	24
Tabela 3. Estudos com peixes nativos, na estimativa da exigência proteica.....	28
Tabela 4. Composição das dietas experimentais, com diferentes concentrações de proteína bruta (base de matéria seca)	34
Tabela 5. Valores Médios (\pm desvio padrão) das variáveis de crescimento e retenção proteica dos juvenis de cachara alimentados com aumento na concentração proteica da dieta por 60 dias	40
Tabela 6. Média da composição corporal (matéria úmida), dos juvenis de cacharas (<i>Pseudoplatysoma reticulatum</i>), alimentados com o aumento da proteína na dieta, durante 60 dias.....	42
Tabela 7. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e da matéria seca das dietas experimentais contendo 40%, 45%, e 50% de proteína bruta.....	43
Tabela 8. Composição das dietas experimentais com diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína da farinha de vísceras de frango, alimentadas a juvenis de cachara, <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> , por 60 dias.....	60
Tabela 9. Média das análises proximais dos ingredientes proteicos utilizados na confecção das dietas experimentais, com diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de vísceras.....	61
Tabela 10. Valores médios de desempenho e retenção proteica de juvenis de cachara, <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> , alimentados com	

dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína da farinha de vísceras de frango, ao final de 60 dias.....67

Tabela 11. Composição corporal, na matéria úmida, de juvenis de cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*, alimentados com diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de salmão pela farinha de vísceras por 60 dias68

Tabela 12. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e da matéria seca das dietas experimentais contendo 0%, 40%, 60% e 100% de substituição da proteína da farinha de salmão pela farinha de vísceras por 60 dias68

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	19
Cachara	19
Farinha de peixe	20
Farinha de vísceras.....	21
Estudos sobre nutrição do cachara	25
Proteína na alimentação dos peixes.....	26
OBJETIVOS.....	29
Geral.....	29
Específicos	29
CAPÍTULO I Exigência proteica para juvenis de cachara, Pseudoplatystoma reticulatum	30
RESUMO	31
INTRODUÇÃO	32
MATERIAIS E MÉTODOS	33
Ensaio de crescimento.....	33
Análise das enzimas digestivas	35
<i>Proteinase Aspártica</i>	36
<i>Proteinases Serínicas</i>	36
Ensaio de atividade in gel (Zimograma)	37
Análises de composição proximal das dietas e peixes	37
Ensaio de digestibilidade	37
Análise estatística	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
AGRADECIMENTOS.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

CAPÍTULO II Farinha de vísceras de frango em dietas para juvenis de cachara, <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>: digestibilidade e desempenho em diferentes níveis de substituição à farinha de peixe.....	54
RESUMO.....	55
INTRODUÇÃO.....	56
MATERIAIS E MÉTODOS.....	58
Dietas experimentais.....	59
Ensaio de crescimento	61
Análises centesimais das rações e peixes	62
Análises Histológicas	62
Ensaio de digestibilidade	63
Análise estatística	64
RESULTADOS	64
DISCUSSÃO	70
CONCLUSÃO.....	73
AGRADECIMENTOS	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
CONCLUSÕES GERAIS.....	832
CONSIDERAÇÕES FINAIS	843
REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	865
ANEXO	943

INTRODUÇÃO GERAL

A cada ano a aquicultura cresce e se destaca como atividade agropecuária no cenário nacional; o último levantamento de dados de produção, feito pelo Ministério da Pesca e Aquicultura, mostrou que a produção chegou a 629.309 t de espécies aquícolas, ficando o Brasil, em 12º lugar na produção aquícola mundial. Desse total, 82,3% representa a aquicultura continental, com destaque para piscicultura. Esta produção ainda é muito baixa, considerando-se o cenário nacional favorável, que inclui clima adequado, áreas alagadas, extensão litorânea e espécies nativas com potencial de produção (BRASIL, 2013; FAO, 2013).

O crescimento anual da atividade é reflexo de avanços tecnológicos, científicos e do apoio governamental, resultando em intensificação dos sistemas de produção, melhoramento genético, utilização de novas espécies, facilidade para investimentos, aquisição de licenças ambientais e melhorias na nutrição dos animais. As pesquisas na área da nutrição de peixes contribuem grandemente para a intensificação da piscicultura, já que os peixes dependem exclusivamente da ração como fonte de alimento neste sistema de criação, onde os gastos com ração representam de 50 a 70 % dos custos de produção. Uma significativa redução nestes custos pode ser alcançada pelo atendimento das exigências nutricionais específicas, utilização de ingredientes de alta qualidade e de técnicas eficazes no processamento das rações e arrazoamento, além da utilização de alimentos com o menor custo de nutrientes na formulação.

Atualmente, os pacotes tecnológicos existentes na cadeia produtiva brasileira foram importados para a criação principalmente de espécies exóticas como a tilápia, *Oreochromis niloticus*, carpa comum, *Cyprinus carpio*, e camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, que juntos representaram 66% da produção nacional (BRASIL, 2013). Contudo, pesquisadores, empresas e o governo começaram a investir no desenvolvimento de tecnologias para alavancar a criação de espécies nativas que possuem grande potencial no mercado, principalmente espécies carnívoras que tem grande aceitação e preço. Entre essas espécies encontra-se o bagre conhecido como cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*.

O Cachara

Os peixes pertencentes ao gênero *Pseudoplatystoma* são popularmente conhecidos como surubins e apresentam a maior capacidade de crescimento dentro da família Pimelodidae, podendo

alcançar até 120 kg na natureza (STECH, 2009). Os peixes deste gênero foram reclassificados recentemente por Buitrago-Soárez e Burr (2007), os quais identificaram oito espécies, dentre elas o *P. reticulatum*. Essa espécie é originária do *P. fasciatum*, que está presente nas bacias dos rios Rupununi, Essequibo e Suriname, localizadas no Norte da América do Sul. Já a espécie do nosso estudo *P. reticulatum* está presente nas bacias do Paraná e Amazônica.

Essa espécie apresenta ótimas características para produção e aceitação no mercado, como rápido crescimento, carne saborosa com baixa porcentagem de gordura e ausência de espinhos intramusculares, sendo considerado um produto nobre. A carne desse peixe é vendida com excelente preço no mercado, dependendo a cidade e época do ano o preço pode variar de (R\$ 23,00/kg - R\$ 27,00/kg).

Além disso, há facilidade na sua reprodução e obtenção de alevinos (LEONARDO et al., 2004; BATLOUNI et al., 2006) e estão disponíveis estratégias para o treinamento alimentar na fase inicial (INOUE et al., 2009), já que os juvenis desta espécie não aceitam prontamente o alimento inerte (ração). Ainda, segundo Queiroz et al. (2002) a produção desta espécie aumentou graças aos investimentos de empresas na sua criação intensiva, gerando bons resultados e propiciando maior conhecimento da biologia do animal, além de avanços tecnológicos nos sistemas de produção. A criação desta espécie contribui grandemente para diminuição da pesca e consequente manutenção dos estoques na natureza.

Sendo uma espécie carnívora, o cachara necessita de dietas com alta quantidade e qualidade de proteína. No entanto, sua exigência proteica ainda não foi definida para as diferentes fases de criação. Para a formulação de rações eficientes, com melhor relação custo/benefício e reduzido impacto ambiental é fundamental o conhecimento das exigências nutricionais, além da utilização de ingredientes de qualidade.

Farinha de peixe

A principal fonte de proteína utilizada na alimentação de espécies aquícolas com hábito alimentar carnívoro sempre foi a farinha de peixe, pois apresenta excelente perfil de aminoácidos, fonte de energia digestível, minerais e vitaminas (LOVELL, 1998; TACON, 1993; PEZZATO, 1995). Os sistemas intensivos e super-intensivos de produção na aquicultura utilizam de duas a cinco vezes mais farinha de peixe, em relação à quantidade de farinha de peixe que é produzida a partir de resíduos de processamento de pescado (NAYLOR et al., 2000).

Em 1999, a demanda da aquicultura para farinha de peixe era de 32% do total produzido (NEW & WIJKSTOM 2002), mais recentemente, Tacon e Metian (2008) relatam que, em 2006, a aquicultura consumiu aproximadamente 3.724.000 t de farinha de peixe, ou seja, 68,2% da produção total de farinha de peixe produzida naquele ano. Isto mostra aumento na demanda por esse ingrediente por parte da aquicultura e, com o passar dos anos, a utilização da farinha de peixe ficará insustentável.

No Brasil, a farinha de peixe oriunda de resíduos do processamento é uma das principais fontes proteicas para rações de carnívoros, já que a farinha de peixe inteiro não é fabricada no país. Apesar do forte apelo econômico e ambiental do uso de farinhas de resíduo de filetagem, o alto teor de fósforo, a variabilidade na composição e qualidade, além da possibilidade de acúmulo de contaminantes pode limitar seu uso nas formulações (TEIXEIRA et al, 2006; LIMA, 2010). Portanto, o crescimento da indústria brasileira de alimentação de organismos aquáticos - principalmente considerando os recentes incentivos governamentais à criação de espécies carnívoras - depende das importações de farinha de peixe de melhor qualidade e/ou da pesquisa de fontes proteicas alternativas à farinha de peixe.

O principal motivo da elevada utilização da farinha de peixe está relacionado ao seu perfil de aminoácidos, que possui balanço adequado e em quantidades que satisfazem as exigências das espécies criadas. Porém, devido aos altos custos deste ingrediente e à instabilidade na sua produção e qualidade, há interesse mundial que fontes proteicas alternativas sejam identificadas e possam ser utilizadas no fabrico de rações para peixes sem prejudicar o crescimento. Essa busca visa principalmente reduzir os níveis desse ingrediente nas rações, com a utilização de fontes proteicas alternativas de origem animal e/ou vegetal (LEE, 2002; WILLIAMS et al., 2004; ZHOU, 2011). Dentro deste contexto, a farinha de vísceras de frango é uma fonte valiosa de proteína, com excelente perfil de aminoácidos para muitas espécies de peixes, principalmente as carnívoras (NENGAS et al., 1999; EL-HAROON et al., 2009; FERNANDES, 2011).

Farinha de vísceras

O Brasil é destaque no cenário mundial na produção de carne de frango, estando entre os três maiores produtores, além de ser o primeiro em exportação; sua produção em 2012 superou 12 milhões de toneladas (UBABEF, 2012). Considerando que o rendimento na produção de farinha de vísceras de frango varia entre 2,8 e 4,4% do peso vivo da ave

abatida, segundo Jorge Neto, (1994), ou utilizando o índice de conversão de resíduo estipulado por Sabino & Finzer (2006), que para farinha de vísceras é 3,5%, estima-se que a produção média anual desse ingrediente no Brasil é de aproximadamente 450.000 t. Essa alta disponibilidade, aliada à reduzida disponibilidade de farinha de peixe, justifica a pesquisa sobre a inclusão da farinha de vísceras de aves em rações para peixes carnívoros no Brasil.

A farinha de vísceras de aves é o produto resultante da cocção, prensagem e moagem de vísceras de aves, sendo permitida a inclusão de cabeças e pés. Não deve conter penas (exceto aquelas que podem ocorrer não intencionalmente), resíduos de incubatório, casca de ovo ou outras matérias estranhas a sua composição (SINDIRAÇÕES, 2009).

Esse ingrediente, subproduto da indústria de processamento de aves, é utilizado em rações animais, pois apresenta níveis de 55 a 68% de proteína bruta (PB), além de elevada disponibilidade de Ca e P e bom perfil de aminoácidos (PEZZATO et al., 2002; MEURER et al., 2003; SIGNOR et al., 2007). Entretanto, a sua composição nutricional é muito variada, dependendo do processo de fabricação e da matéria prima utilizada (NENGAS et al., 1999; FERNANDES et al., 2011).

Devido a essa grande variação na composição nutricional da farinha de vísceras, resultados controversos são encontrados nos estudos sobre sua inclusão em dietas para peixes. Vários estudos mostram que a substituição parcial ou total da farinha de peixe pela farinha de vísceras é viável e não prejudica o desempenho para algumas espécies de peixes carnívoros (Tabela 1). Por outro lado, outros estudos mostram que a inclusão da farinha de vísceras, ou um baixo nível de substituição da farinha de peixe, já causa prejuízo no desempenho dos peixes (Tabela 2).

Tabela 1: Estudos com peixes carnívoros, onde a substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de vísceras não prejudicou o desempenho dos peixes.

Espécie	Peso Inicial	Substituição Proteica	Inclusão de Farinha de Vísceras		Outra Fonte Proteica ¹	Duração do Estudo	Referência Bibliográfica
			%	%			
Cobia	5,8	60	30,2	20,0 FP 11,3 FS		10	Zhou et al., 2011
Red seabream	54,0	70	41,0	15,0 FP		8,5	Takagi et al., 2000
Garoupa	12,4	75	54,2	17,3 FP		8	Shapawi et al, 2007
“Striped bass”	76,0	100	34,8	1,86 Lis		86	Rawles et al., 2009
				0,72 Met			
				0,57 Met			
Bagre africano	72,0	100	61,2	0,57 Tre		10	Gaylord & Rawles, 2005
				0,57 Leu			
	90,0	100	34,5	Não		12	Goda et al., 2007
Largemouth bass	6,9	100	33,4	34,5 FS		11	Tidwell et al.,2005
Garoupa	12,4	100	74,0	Não		8	Shapawi et al., 2007
Red seabream	280,0	100	59,0	Não		33	Takagi et al., 2000

¹ FP = Farinha de peixe, FS = Farelo de soja, Met = metionina, Lis = lisina, Tre = treonina.

Tabela 2: Estudos com peixes carnívoros, onde o nível de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de vísceras prejudicou o desempenho dos peixes.

Espécie	Peso Inicial	Substituição Proteica	Inclusão da Farinha de Vísceras		Outra Fonte Proteica ¹		Duração do Estudo	Referência Bibliográfica
	g	%	%	%	%	%	Semanas	
“Sunshine bass”	20,4	100	30,0	30,0 FS	30,0 FS	17,9 FP	10	Webster et al., 2000
“Gilthead seabream”	1,5	75	53,5	17,9 FP	17,9 FP			
		40	29,5	42,1 FP	42,1 FP		12	Nengas et al., 1999
		35	20,4	45,7 FP	45,7 FP			
Linguado	30,0	25	21,2	58,0 FP	58,0 FP		8,5	Yigit et al., 2006
				18,8 FP	18,8 FP			
“Chinook salmon”	1,6	20	20	5,0 FPe	5,0 FPe	7,5 FSa	20	Fowler, 1991
Bagre africano	16,5	40	17	24,0 FP	24,0 FP			
				2,0 FSa	2,0 FSa		10	Abdel-Warith, 2001

¹ FP = Farinha de peixe, FS = Farelo de soja, FPe = Farinha de penas, FSa = Farinha de sangue.

Por isso, antes da utilização de um ingrediente alternativo na alimentação de peixes, principalmente quando se tratar de um ingrediente proteico, é imprescindível a realização de estudos para avaliar sua qualidade e valor nutricional. O estudo aqui proposto é a continuação de uma pesquisa que caracterizou e avaliou a qualidade de farinhas de vísceras produzidas no sul do Brasil (FERNANDES et al., 2011). Este estudo possibilitou a seleção de uma farinha de vísceras de alta qualidade, para testar como ingrediente alternativo à farinha de peixe para uma espécie nativa e carnívora, o cachara.

Estudos sobre nutrição do cachara

As informações a respeito das exigências nutricionais e manejo alimentar do cachara são limitadas. Há relato sobre o aumento da digestibilidade aparente dos nutrientes e a absorção dos minerais com a inclusão de enzimas exógenas (amilase e fitase) na dieta para a espécie (Stech, 2009). Adicionalmente, a inclusão de até 15% do glúten de milho foi benéfica para o cachara, quando substituindo a farinha de peixe nos níveis de 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36 e 42%. Porém, mesmo neste baixo nível de inclusão, foi constatada a pigmentação amarelada nos filés dos peixes, o que é uma condição indesejável para a comercialização (BICUDO et al, 2012). A digestibilidade proteica e energética de nove ingredientes práticos também foi testada para o cachara, a saber: farinha de peixe, farinha de ossos e carnes, farinha de vísceras de aves, farinha de penas, farinha de sangue, farelo de soja, farelo de trigo, milho e glúten de milho (SILVA et al., 2013). A farinha de vísceras de aves, entre os ingredientes testados, apresentou a melhor digestibilidade aparente para proteína (99,36%) e energia (86,25%).

Entretanto, estudos de nutrição foram realizados com outras espécies do gênero *Pseudoplatystoma* e seus híbridos, também carnívoros (FUJIMOTO & CARNEIRO 2001; LUNDSTEDT, 2003; MARTINO et al., 2003; MARTINO et al., 2005; CAMPOS et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2010), mas o efeito da substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de vísceras de aves, no desempenho, não foi avaliada para nenhuma delas.

Conforme Crepaldi e colaboradores (2007), uns dos principais entraves para o desenvolvimento da cadeia produtiva dos surubins, está na falta de conhecimento sobre suas exigências nutricionais, sobre a digestibilidade dos nutrientes nos ingredientes, além de aspectos sobre o manejo alimentar, tais como a transição alimentar de alimentos naturais para dietas artificiais. Essa falta de informações é responsável por altos

índices de mortalidade, baixa eficiência alimentar e baixo desempenho do cachara nas criações comerciais.

Desta forma, é de grande importância a realização de pesquisas que visem aprofundar o conhecimento das exigências nutricionais desta espécie nativa, que possui grande potencial para a piscicultura.

Proteína na alimentação dos peixes

Um dos nutrientes mais importantes para o crescimento dos animais é a proteína, sendo o balanço e perfil dos aminoácidos decisivo para a sua qualidade. A qualidade proteica merece atenção especial quando se realiza estudos sobre as exigências desse nutriente, especialmente para espécies carnívoras, que são mais exigentes.

O interesse nas espécies carnívoras fica evidente quando se observa que essas espécies são muito mais eficientes, de duas a três vezes, na conversão de energia e proteínas quando comparadas com aves e suínos Gjerdem (2000). Já Tacon e Cowey (1985) relatam que essas espécies possuem a capacidade de converter 20 vezes mais proteína dietética em proteína corporal, que as aves, suínos e gado.

Normalmente a proteína é o macronutriente mais caro da dieta. Portanto, é muito importante determinar a quantidade mínima necessária para atender às exigências das espécies e obter o máximo crescimento. A exigência proteica representa a quantidade mínima de uma mistura de aminoácidos que leva ao máximo crescimento de uma espécie. Quando a dieta fornece proteína acima da exigência, esta será utilizada como fonte de energia, aumentando os custos da ração (NRC, 2011) e aumentando a excreção de produtos nitrogenados, que limitam a produção. Por outro lado, quando houver deficiência de proteína na dieta, não haverá aminoácidos em quantidade suficiente para a síntese proteica, ocasionando redução no crescimento, menor eficiência alimentar e imunodepressão (SHIAU & LAN, 1996).

A importância deste nutriente no organismo animal se observa por ser o principal constituinte do tecido animal (65-75% do peso seco) (WILSON, 2002) e pelas diversas funções exercidas: formação e manutenção dos tecidos, formação de hormônios, enzimas, anticorpos, transporte de minerais e para peixes, principalmente carnívoros, fontes de energia (NRC, 2011). Essa função da proteína, em ser fonte de energia para os peixes, não é bem vista e deve ser evitada nos sistemas produtivos, pois a energia pode ser fornecida por meio de outras fontes, que são mais baratas para a confecção das dietas.

Nas proteínas são encontrados 20 aminoácidos, porém apenas dez deles são essenciais aos animais, incluindo os peixes. São eles: arginina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, valina, fenilalanina, treonina, lisina e triptofano (WILSON, 2002; LOVELL, 1998). Os outros aminoácidos são classificados como não essenciais pois os peixes conseguem sintetizá-los em um nível que satisfaz a demanda celular.

Vários fatores podem influenciar a exigência proteica das espécies: fase de desenvolvimento, temperatura da água, tamanho do peixe, taxa de arraçoamento, qualidade da proteína, presença de fontes energéticas não proteicas, análise estatística utilizada (SAMPAIO et al, 2000; SÁ & FRACALOSI, 2002; SINGH, 2009).

Como os níveis deste ingrediente afetam significativamente a taxa de crescimento e desenvolvimento dos animais, estudos sobre a exigência proteica e de aminoácidos, tem sido prioridade nas pesquisas de exigências nutricionais para peixe (LIM et al, 1979). No Brasil, estudos de nutrição com as espécies nativas ganharam espaço nos últimos anos, promovendo o desenvolvimento dessas espécies na aquicultura (Tabela 3).

Portanto, é fundamental determinar a exigência proteica dos peixes para cada espécie cultivada e para cada fase da criação, visando não fornecer níveis deficientes ou excessivos deste nutriente. Por todos os motivos expostos, o estudo para determinar a exigência proteica, e uma fonte alternativa de proteína, na alimentação do cachara, se torna prioridade nas pesquisas para alavancar e melhorar a produção desta espécie no Brasil.

Tabela 3: Estudos com peixes nativos para estimativa da exigência proteica.

Espécie	Peso inicial	Exigência proteina bruta		Duração do Estudo	Tipo de Dieta	Referência Bibliográfica
	g	%	dias			
Dourado	0,75	57,6	29	Semipurificada	Teixeira et al., 2010	
	5,68	45,4	94			
Pacu	4,62 a 11,31	26,0	100	Prática	Fernandes et al., 2000	
	14,00	25,0	299	Prática	Bechara et al., 2005	
Piracanjuba	8,38	29,0	90	Semipurificada	Sá e Fracalossi, 2002	
Matrinchã	23,20	28,0	210	Prática	Izel et al., 2004	
Tucunaré	10,00	41,0	65	Prática	Sampaio et al., 2000	
Jundiá	1,52	32,6-37,3 ¹	90	Semipurificada	Meyer & Fracalossi, 2004	
Pintado	12,00	40,0	90	Prática	Lundstedt, 2003	
	16,60	43,3	90	Prática	Gonçalves, 2002	
Pintado (híbrido)	170,00	40,0	40	Prática	Teixeira, 2008	

¹ Exigências encontradas utilizando 2 níveis energéticos (3,650 kcal/kg e 3,200 kcal/kg).

OBJETIVOS

Geral

Aperfeiçoar o conhecimento da nutrição de uma espécie carnívora, o cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*), por meio da determinação de sua exigência proteica e da resposta a diferentes proporções dos ingredientes proteicos (farinha de vísceras de frango e farinha de peixe) na dieta.

Específicos

- Avaliar dietas com níveis crescentes de proteína bruta no desempenho, composição corporal, atividades de algumas enzimas proteolíticas e sobrevivência em juvenis de cachara.
- Determinar o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína e energia, das dietas com diferentes níveis proteicos que proporcionarem os melhores desempenhos.
- Avaliar o desempenho, composição corporal e sobrevivência de juvenis de cachara, com a substituição proteica crescente da farinha de resíduos do processamento de salmão, pela farinha de vísceras de aves.
- Determinar a digestibilidade aparente da matéria seca, proteína e energia das dietas contendo diferentes proporções de farinha de vísceras de aves, para o cachara.

Os dois artigos científicos que seguem foram redigidos conforme as normas para submissão aos periódicos Journal of the World Aquaculture Society e Aquaculture, respectivamente.

CAPÍTULO I

Exigência proteica para juvenis de cachara, Pseudoplatystoma reticulatum

Fernando Henrique Gomes Cornélio¹, Douglas Amaral da Cunha¹, Jennifer Silveira¹, Carlos Peres Silva², Débora Machado Fracalossi^{1*}

¹Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI), Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

² Laboratório de Bioquímica de Insetos, Departamento de Bioquímica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

*Autor correspondente: Débora Machado Fracalossi, Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Rodovia Admar Gonzaga, 1346, 88034-001 Florianópolis, SC, Brasil. Tel +55 48 3389-5216. Endereço de e-mail: *deboraf@cca.ufsc.br

RESUMO

O cachara, Pseudoplatystoma reticulatum, é um bagre carnívoro importante para aquicultura brasileira, cuja exigência proteica na dieta ainda é desconhecida. Com o objetivo de determinar esta exigência, grupos de 15 animais ($16,08 \pm 1,13$ g) foram alimentados com dietas isoenergéticas (4.600 kcal/kg de energia bruta), com níveis crescentes de proteína bruta (PB), (30, 35, 40, 45, 50 e 55 %). Após 60 dias, foi constatado um efeito quadrático por análise de regressão ($P < 0,05$) com o aumento da concentração proteica para as variáveis de crescimento. O maior ganho em peso e crescimento específico, assim como a melhor conversão alimentar foram encontrados nos animais que receberam a dieta que continha 50% de PB. Similarmente, a atividade das proteases foram maiores ($P < 0,05$), nos peixes que receberam também 50% de proteína na dieta. No entanto, a maior retenção proteica foi observada nos animais que receberam 45% de proteína. Já a digestibilidade da proteína e matéria seca não variou ($P > 0,05$) para os peixes alimentados com as dietas contendo 40, 45 e 50% de proteína bruta. Portanto, com base no ganho em peso, fornecendo uma dieta de 4.600 kcal/kg, a exigência proteica estimada, para juvenis de cachara, pesando entre 16g e 85g foi de 49,25% de PB. Isso é equivalente a 44,79% de proteína digestível, sendo a relação de 10,27% kcal/g de energia bruta para proteína digestível.

Palavras chaves: Proteína, histologia, enzimas digestivas, desempenho, digestibilidade

INTRODUÇÃO

O cachara, Pseudoplatystoma reticulatum, é uma espécie carnívora de água doce, predominantemente piscívora, originária nas bacia do rio Paraná e Amazônica (Campos, 2010). É considerado um pescado nobre, com baixo teor de gordura e ausência de espinhas intramusculares (Crepaldi et al. 2007). Sendo uma espécie de água doce com elevado valor comercial no Brasil. Apesar do crescente interesse na criação intensiva desta espécie o conhecimento sobre suas exigências nutricionais é escasso. Como a proteína é o nutriente mais caro da dieta e também fundamental para um crescimento adequado, a determinação da exigência na dieta se torna prioridade.

Estudos nutricionais como a inclusão de diferentes níveis e fontes de lipídios na dieta (Campos et al. 2005, Martino 2002), níveis e fontes de carboidratos (Leonardo 2006, Martino. 2005), níveis de proteína e energia (Lundstedt 2003 e Teixeira 2010) já foram realizados com o pintado Pseudoplatystoma corruscans ou híbrido, Pseudoplatystoma spp., animais do mesmo gênero do cachara. No entanto nenhum estudo nutricional foi realizado com a espécie pura Pseudoplatystoma reticulatum, impedindo o avanço na produção comercial em larga escala. Nos cultivos em fazendas hoje em dia, o cachara é alimentado com uma dieta comercial contendo 40% de proteína, durante todo seu ciclo de crescimento, onde peixes de quinze gramas são estocados em tanques de terra, após treinamento alimentar e são despescados com 2 kg, o que normalmente leva de 11 a 13 meses. No entanto, nossa hipótese é que animais com quinze gramas, logo após serem colocados nos viveiros, exigem uma concentração maior de proteína na dieta.

Com isso, o presente estudo objetivou determinar o nível adequado de proteína na dieta de juvenis de cachara pesando entre 16 até 85 gramas. Para tanto foram realizados ensaios de crescimento e digestibilidade, para avaliar o efeito do aumento da concentração proteica na dieta, no ganho em peso, eficiência alimentar e retenção proteica, assim como na atividade de pepsina, tripsina e quimotripsina, além da digestibilidade proteica e da matéria seca.

MATERIAIS E MÉTODOS

Ensaio de crescimento

Cacharas puros, treinados para receber ração, foram adquiridos de uma fazenda comercial (Piscicultura Pirai, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil). Grupos de 15 juvenis de cacharas, pesando em média $16,08 \pm 1,13$ g, foram estocados em dezoito tanques retangulares de 120 L. Os tanques estavam conectados a um sistema fechado de recirculação de água, com filtragem mecânica e biológica, bem como aeração individual e controle de temperatura. Os peixes foram aclimatados às condições experimentais durante sete dias, sendo alimentados com uma ração comercial, contendo 40% de proteína bruta. Após o período de aclimação, os peixes receberam as seis dietas experimentais (Tabela 4) com concentrações crescentes de proteína bruta (30, 35, 40, 45, 50 e 55%), até a saciedade aparente, duas vezes ao dia (9 h e 16 h), durante 60 dias. As dietas foram formuladas para ser isoenergéticas (4.600 kcal/kg de energia bruta) e possuir relação carboidrato: lipídio semelhante ($2,49 \pm 0,24$). Foram utilizados ingredientes semipurificados na sua composição, com exceção da fonte proteica, que foi a farinha de resíduo de filetagem de salmão (67% de proteína bruta).

Os peixes ficaram no escuro, para estimular o consumo (Campos 2010), e a ingestão da dieta foi monitorada utilizando uma lanterna. A saciedade dos peixes foi estabelecida, quando ocorria a sobra de um ou dois pellets no fundo do tanque.

O consumo diário foi calculado para cada tanque. Como referência para a formulação das dietas, utilizou-se as exigências nutricionais (vitamina C, lipídio, energia e carboidratos) já determinadas para o pintado Pseudoplatystoma corruscans (Fujimoto e Carneiro 2001, Martino et al. 2002, Lundstedt 2003, Martino et al. 2005, Takahashi e Cyrino 2006), espécie carnívora, com hábitos similares ao cachara. Para os demais nutrientes (aminoácidos, vitaminas e minerais), utilizou-se a exigência da truta arco-íris, Oncorhynchus mykiss (NRC 2011).

Tabela 4. Composição das dietas experimentais, com diferentes concentrações de proteína bruta (base de matéria seca).

Ingredientes %	Proteína Bruta, %					
	30	35	40	45	50	55
Farinha de salmão ^a	40,60	47,30	54,10	60,90	67,60	74,40
Dextrina ^b	39,40	36,00	33,00	29,70	26,70	21,60
Celulose ^b	7,60	6,00	4,00	2,30	0,30	0,00
Óleo de peixe ^c	8,40	6,70	4,90	3,10	1,40	0,00
Óleo de soja	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Premix ^d	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Composição proximal, %						
Proteína Bruta (PB)	30,31	35,29	39,90	45,18	49,69	54,72
Extrato Etéreo	13,96	13,85	13,00	11,85	10,87	10,43
Cinzas	8,86	10,14	10,02	10,87	12,13	13,30
Fibra em detergente ácido	7,77	6,87	4,42	2,84	0,96	0,74
Energia Bruta (EB), kca/kg	4,574	4,675	4,648	4,645	4,638	4,623
CHO:L ^e	2,82	2,60	2,54	2,51	2,46	2,07
EB/PB, kcal/g	15,09	13,25	11,65	10,28	9,33	8,45

^a Proteína bruta 74%, lipídio 9,31%. Pesquera Pacific Star S.A. (Chile).^b Rhoster LTDA (São Paulo, SP, Brasil).^c Delaware LTDA (Porto Alegre, RS, Brasil).^d Nutron Alimentos (Toledo, PR, Brasil), composição kg⁻¹ de produto: ácido fólico 250 mg, ácido pantotênico 5.000 mg, antioxidante 0,6 g, biotina 125 mg, cobalto 25 mg, cobre 2.000 mg, colina 75.000 mg, ferro 13.820 mg, iodo 100 mg, manganês 3.750 mg, niacina 5000 mg, selênio 75 mg, vitamina (vit.) A 1.000.000 UI, vit. B1 1250 mg, vit. B12 3.750 mg, vit. B2 2.500 mg, vit. B6 1.785 mg, vit. C 42.000 mg, vit. D3 500.000 UI, vit. E 20.000 UI, vit. K 35.000 mg, zinco 17.500 mg.^e Relação carboidrato/lipídio.

Na confecção das dietas, a farinha de peixe foi moída (1 mm), e os demais ingredientes semipurificados apenas pesados e homogeneizados. A seguir foram misturados com os óleos e água até a formação de uma massa, que foi peletizada a um diâmetro de 4 mm e seca em estufa, a 50°C. Em seguida, as dietas foram embaladas e armazenadas sob congelamento (-20 °C) até o momento de sua utilização.

No final do período de alimentação, os animais foram submetidos a jejum por 24 h e posteriormente foram contados e pesados para os cálculos de ganho em peso, eficiência alimentar, conversão alimentar, taxa de crescimento específico e sobrevivência. Peixes foram amostrados no início (15 exemplares) e no final (3 peixes por tanque) do ensaio alimentar para análise da composição corporal e cálculo da retenção proteica. Os peixes foram sacrificados por overdose (1 ml/L) do anestésico Eugenol e congelados a (-80 °C) até análise.

A temperatura e concentração do oxigênio dissolvido na água foram monitorados diariamente, já amônia total, nitrito e pH, a cada 5 dias. As médias para temperatura, oxigênio e pH foram $27 \pm 0,5$ °C, $6,15 \pm 0,5$ mg/L e $6,8 \pm 0,2$, respectivamente, enquanto que a amônia total e nitrito não excederam 0,25 mg/L. Os peixes foram mantidos no escuro e a salinidade, a 3,5 ppt, para prevenção do íctio, *Ichthyophthirius multifiliis*. As variáveis de qualidade de água foram adequadas para cultivo de espécies tropicais como o pintado (Campos 2010). Os animais foram manuseados, de acordo com a Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Catarina (CEUA, UFSC).

Análise das enzimas digestivas

Uma amostra de três animais por tanque foram sacrificados, utilizando o mesmo método já descrito. Esses animais foram submetidos à dissecação sobre gelo e foi procedida a retirada do estômago e intestino para as análises enzimáticas. O intestino foi dividido em três partes (intestino anterior, médio e posterior). As amostras foram colocadas em tubos de Falcon de 15 mL e congeladas a -80 °C, para posterior análises.

Para determinação das atividades enzimática, as amostras foram homogeneizadas com água destilada gelada numa proporção de 1:10 (m/v) através de homogeneizador do tipo Potter-Elvehjem munido de um pistilo de vidro, em movimentos manuais, mantendo-se o material constantemente em banho de gelo. O homogeneizado foi centrifugado a

10.000 g por 15 min a 4 °C, coletou-se o sobrenadante, que foi armazenado a -20 °C até a realização das determinações enzimáticas. As proteínas solúveis foram quantificadas através do método de Bradford (1976) usando-se ovoalbumina como padrão.

Proteinase Aspártica

A medição da atividade da proteinase aspártica teve como intuito verificar a atividade de pepsina. Empregou-se o método descrito por Anson (1938) com modificações, descritas a seguir. Foi utilizado como substrato a hemoglobina bovina a 2% (m/v) dissolvida em HCl 0,06 N e 0,1 mL de NaCl 0,1 N, sendo esta mistura incubada a 30°C. Foram utilizados 0,05 mL do homogeneizado mais 0,05 mL do substrato. A reação foi interrompida em quatro intervalos de tempo (15, 30, 45 e 60 min) usando-se 0,05 mL de ácido tricloroacético (TCA) 15% (m/v). Os tubos permaneceram em repouso por 15 min em gelo, sendo então centrifugados a 10.000 g por 20 min à temperatura ambiente. Alíquotas de 0,05 mL do sobrenadante foram recolhidas e alcalinizadas com a adição de 0,05 mL de NaOH 2 N. A quantificação da atividade foi realizada pelo método de Lowry et al. (1951), através de uma curva-padrão na qual utilizou-se BSA como proteína padrão. A absorbância foi lida a 750 nm, onde uma unidade (U) de proteinase, utilizando-se hemoglobina como substrato, foi definida como a quantidade de enzima responsável por uma alteração na absorbância de 0,01 Unidade de densidade óptica (UDO)/min.

Proteinases Serínicas

Essa enzima foi testada com os seguintes substratos BAPNA (N- α -benzoyl-DL-arginine-4-p-nitroanilida) e suc-AAPF-pNa (N-succinil-Ala-Ala-Pro-Phe-p-nitroanilida). O primeiro substrato possibilita a verificação da atividade de tripsina e o segundo, da atividade de quimotripsina. Os ensaios foram realizados de acordo com Erlanger et al. (1961) e Del Mar et al. (1979), sendo utilizados para os ensaios 0,05 mL do homogeneizado mais 0,05 mL do substrato a 0,25 mM em tampão fosfato 50 mM, pH 7,5. As reações foram interrompidas em dois intervalos de tempo (30 e 60 min) adicionando-se 0,1 mL de ácido acético 30% (v/v). A leitura de absorbância foi feita a 410 nm. Uma unidade de atividade (U) de enzima foi definida como a quantidade de enzima que catalisa a clivagem de 1 μ mol de substrato/min.

Ensaios de atividade in gel (Zimograma)

Os ensaios de atividade de proteinases in gel seguiram metodologias descritas por Campos et al. (1989) e Silva et al. (2001). Homogeneizados intestinais foram fracionados em placas de géis de poliacrilamida contendo SDS 0,1% (m/v). Amostras contendo quantidades apropriadas de proteína foram primeiramente diluídas 1:3 com o tampão de amostra (SDS 2%, glicerol 20%, azul de bromofenol 0,1% em tampão tris/HCl 200 mM, pH 6,8) e em seguida submetidas à eletroforese usando um sistema de mini-géis BioRad MiniProtein 3 (150 V por aproximadamente 90 minutos) sob refrigeração em gel de poliacrilamida 12 % contendo gelatina 0,1% (m/v). Após migração, os géis foram transferidos para uma solução aquosa de Triton X-100 2,5 % (m/v) durante 20 minutos para renaturação das enzimas. Depois da renaturação com Triton X-100, os géis foram transferidos para uma solução com tampão de proteólise (fosfato 50 mM, pH 7,5) em diferentes tempos. A proteólise nos géis foi interrompida com uma solução corante (0,1 % m/v Coomassie Brilliant Blue R em 40 % v/v etanol/10 % v/v de ácido acético). Posteriormente, uma breve descoloração em 40 % v/v etanol/10 % v/v de ácido acético, as bandas claras com fundo azul indicam a localização da atividade de proteinases no gel.

Análises de composição proximal das dietas e peixes

As análises de composição proximal foram realizadas tanto nas dietas como nos peixes inteiros, utilizando-se metodologias padronizadas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC 1999). Brevemente, para determinação da matéria seca, as amostras foram secas em estufa a 105 °C até peso constante, para matéria mineral, submetidas a 550 °C por 5 h, para extrato etéreo, sofreram extração em éter pelo método de Soxhlet, após hidrólise ácida, para proteína bruta utilizou-se o método Kjeldahl (nitrogênio x 6,25) e a energia foi determinada por combustão em bomba calorimétrica.

Ensaio de digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína e matéria seca foram determinados para as dietas com 40, 45 e 50% PB, nas quais os peixes apresentaram os melhores desempenhos no ensaio de crescimento. Grupos de 15 juvenis de cacharas (163 ± 20 g) foram distribuídos em nove tanques cilíndrico-cônicos com volume de 200 L, conectados a um sistema de recirculação de água, com troca parcial de 10 a 15 L/min, equipado com aeração e controle de temperatura ($27\text{ C} \pm 0,7\text{ C}$). Os indicadores da qualidade de água foram similares aos observados no ensaio de crescimento, estando adequado para o conforto da espécie.

Diariamente, antes da coleta das fezes, as paredes internas dos tanques eram rigorosamente limpas, sendo feita a troca de 80% de água, para evitar qualquer contaminação nas fezes. As coletas iniciavam às 0800 h, quando os tubos coletores (50 ml) eram colocados no fundo de cada tanque. Após seis horas (1400 h) os tubos eram substituídos, permanecendo por mais seis horas na coleta de fezes. Durante todo o período de coleta, os tubos ficavam imersos em gelo para evitar degradação bacteriana nas fezes. Após a coleta, os tubos eram centrifugados 2,296 g por 10 min e o sobrenadante descartado. A massa fecal era seca em estufa (50 C) até peso constante e armazenado sob congelamento (-20 C) para análises posteriores. Este método de coleta foi o mesmo descrito por Kitagima e Fracalossi (2011).

A concentração do marcador foi medida na ração, assim como nas fezes, de acordo com metodologia descrita por Bremer Neto et al. (2003). Os conteúdos de matéria seca e proteína bruta das fezes e das dietas foram analisados de maneira similar à descrita para o ensaio de crescimento.

Análise estatística

Os dados de composição corporal, digestibilidade e das atividades enzimáticas foram submetidos à análise de variância ANOVA, seguido do teste de Tukey para diferenciação das médias, com nível de significância de 5%. Os parâmetros de desempenho foram submetidos a análise de regressão polinomial e a exigência proteica foi estimada com base no ganho em peso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada diferença significativa ($P>0,05$) na taxa de sobrevivência entre os tratamentos, cuja média foi de 93,33%. O aumento da concentração proteica da dieta resultou em resposta quadrática nas variáveis de ganho em peso (GP), eficiência alimentar (EA), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA) e taxa de retenção proteica (TRP). Estes resultados estão resumidos na Tabela 5 e Figura 1. Já para composição corporal, o aumento do nível proteicos resultou em diminuição significativa ($P<0,05$) na porcentagem de lipídios e aumento da proteína corpórea (Tabela 6).

A exigência proteica de juvenis de cachara foi estimada em 49,25% de proteína bruta, quando a dieta contém 4.600 kcal/kg de energia bruta e considerando-se os dados de ganho em peso (Figura 1). Isto corresponde a uma relação EB:PD de 10,27 kcal/g. Já a melhor retenção proteica foi estimada para a concentração de 43,50% de proteína bruta na dieta (Figura 1). Entretanto, salienta-se que a taxa de retenção proteica é calculada com base na determinação do consumo de alimento, medida difícil no meio aquático. A digestibilidade da proteína e matéria seca, foram similares nas dietas testadas 40%, 45% e 50% PB (Tabela 7).

Tabela 5. Valores Médios (\pm desvio padrão) das variáveis de crescimento, consumo e retenção proteica dos juvenis de cachara alimentados com concentrações crescentes de proteína na dieta por 60 dias.^{a,b}

Variáveis	Proteína Bruta, %					
	30	35	40	45	50	55
PF, g	58,81 \pm 1,82	67,14 \pm 3,81	89,66 \pm 4,67	99,41 \pm 5,84	101,92 \pm 7,59	94,35 \pm 1,05
TCE, %	2,16 \pm 0,05	2,37 \pm 0,09	2,86 \pm 0,09	3,03 \pm 0,10	3,07 \pm 0,12	2,95 \pm 0,02
CA	1,83 \pm 0,06	1,52 \pm 0,07	1,20 \pm 0,03	1,08 \pm 0,05	1,03 \pm 0,08	1,04 \pm 0,02
EA	0,55 \pm 0,02	0,66 \pm 0,03	0,83 \pm 0,02	0,93 \pm 0,04	0,98 \pm 0,08	0,96 \pm 0,02
CD, g/peixe	77,84 \pm 1,61	77,18 \pm 2,57	88,33 \pm 3,85	89,69 \pm 3,81	87,53 \pm 2,25	81,51 \pm 1,96
TRP, %	32,60 \pm 2,2	32,86 \pm 4,55	36,40 \pm 2,98	36,79 \pm 4,63	35,82 \pm 2,94	32,34 \pm 0,78

^aA análise de regressão polinomial de segunda ordem foi significativa para todas as variáveis ($P < 0,05$) e gerou as seguintes equações: peso final (PF) $y = 0,114x^2 + 11,355x - 183,2$ ($R^2 = 0,811$); taxa de crescimento específico (TCE) $y = 0,0019x^2 - 0,1917x + 5,89$ ($R^2 = 0,995$); conversão alimentar (CA) $y = -0,0008x^2 + 0,0863x - 1,3361$ ($R^2 = 0,9845$); eficiência alimentar (EA) $y = -0,0572x^2 + 5,1484x - 27,721$ ($R^2 = 0,736$); consumo dietético (CD) $y = -0,0263x^2 + 2,2777x - 12,978$ ($R^2 = 0,7874$) e taxa de retenção proteica (TRP) $y = -0,0263x^2 + 2,2777x - 12,978$ ($R^2 = 0,7874$)

^bPeso inicial dos peixes = $16,08 \pm 1,13$ g.

Figura 1. Regressão polinomial de segunda ordem do ganho em peso e retenção proteica de juvenis de cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*), quando alimentados com diferentes concentrações de proteína bruta por 60 dias. Média e erro padrão de três repetições.

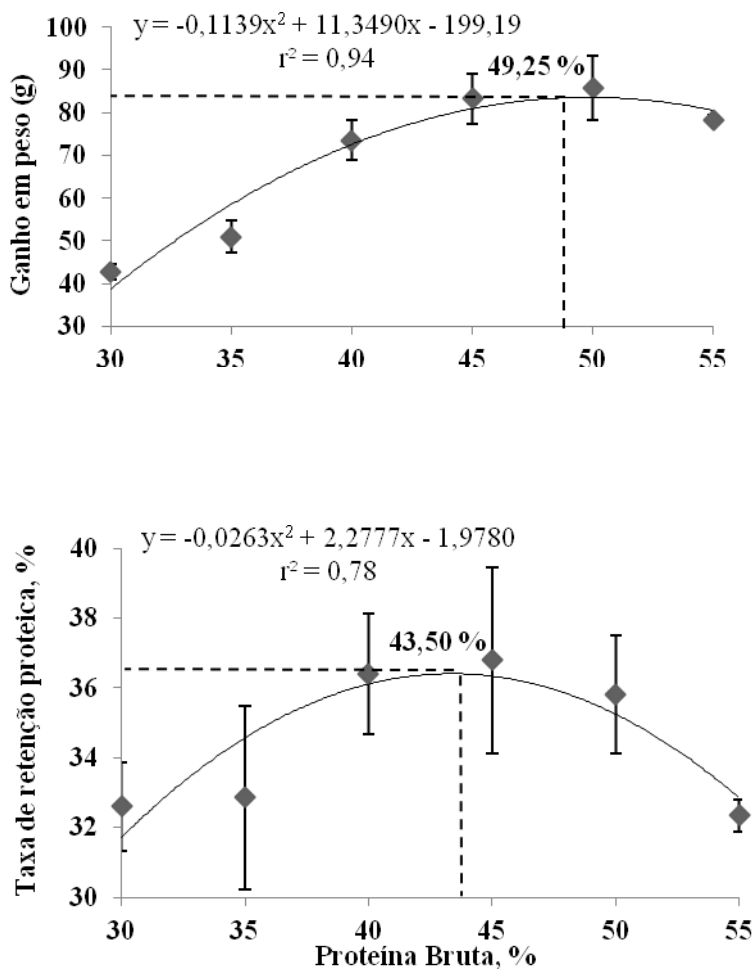


Tabela 6. Composição corporal (matéria úmida), dos juvenis de cacharas (P. reticulatum), alimentados com concentrações crescentes de proteína bruta na dieta, durante 60 dias.

Proteína bruta nas Dietas, %	%				Umidade
	Extrato Etéreo	Proteína Bruta	Cinzas		
30	5,01 ± 0,45 ^a	15,79 ± 0,22 ^b	4,08 ± 0,67 ^a	75,11 ± 0,57 ^a	
35	4,70 ± 0,67 ^a	15,77 ± 1,39 ^b	3,78 ± 0,28 ^a	75,78 ± 1,32 ^a	
40	4,21 ± 0,59 ^{ab}	16,02 ± 0,55 ^b	4,45 ± 0,67 ^a	75,33 ± 1,37 ^a	
45	3,49 ± 0,01 ^{bc}	16,00 ± 0,70 ^b	4,83 ± 0,43 ^a	76,12 ± 1,31 ^a	
50	2,40 ± 0,53 ^{cd}	16,49 ± 0,67 ^a	4,23 ± 0,61 ^a	76,74 ± 0,52 ^a	
55	1,74 ± 0,72 ^d	16,63 ± 0,23 ^a	4,37 ± 0,28 ^a	77,13 ± 0,78 ^a	

^a Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 7. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e da matéria seca das dietas experimentais contendo 40%, 45%, e 50% de proteína bruta^a.

Proteína Bruta Dietética %	Coeficiente de digestibilidade aparente, %	
	Proteína bruta	Matéria Seca
40	90,28 ± 2,1 ^a	82,76 ± 3,20 ^a
45	91,94 ± 1,5 ^a	86,05 ± 2,14 ^a
50	90,58 ± 1,7 ^a	84,16 ± 2,48 ^a

^a Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Nas análises das enzimas digestivas as proteinases serínicas variaram sua atividade com as diferentes dietas, mas principalmente com a porção intestinal. As maiores atividades encontradas foram na porção anterior e seu maior pico foi na porção anterior da dieta que continha 50% de proteína bruta, onde a tripsina apresentou atividade específica de 167,08 ± 12,60 mU/mg e a quimotripsina, de 67,98 ± 10,25 mU/mg (Figuras 2 e 3). As atividades das proteinases aspárticas (pepsina) tiveram um aumento significativo nos níveis proteicos de 40 e 45% PB, mas foi maior no nível de 50% PB, como o observado também para as atividades das proteinases serínicas- com atividade específica de 3,12 ± 0,21 mU/mg (Figura 4). Ao serem alimentados com diferentes concentrações de proteína na dieta, os juvenis de cachara apresentaram padrão similar para atividade de proteinases aspárticas e serínicas.

Figura 2. Atividade específica (A) e absoluta (B) da tripsina, em diferentes segmentos do intestino (FG = Anterior, MG = Médio, HG = Posterior) de juvenis de cachara alimentados com níveis crescentes de proteína.

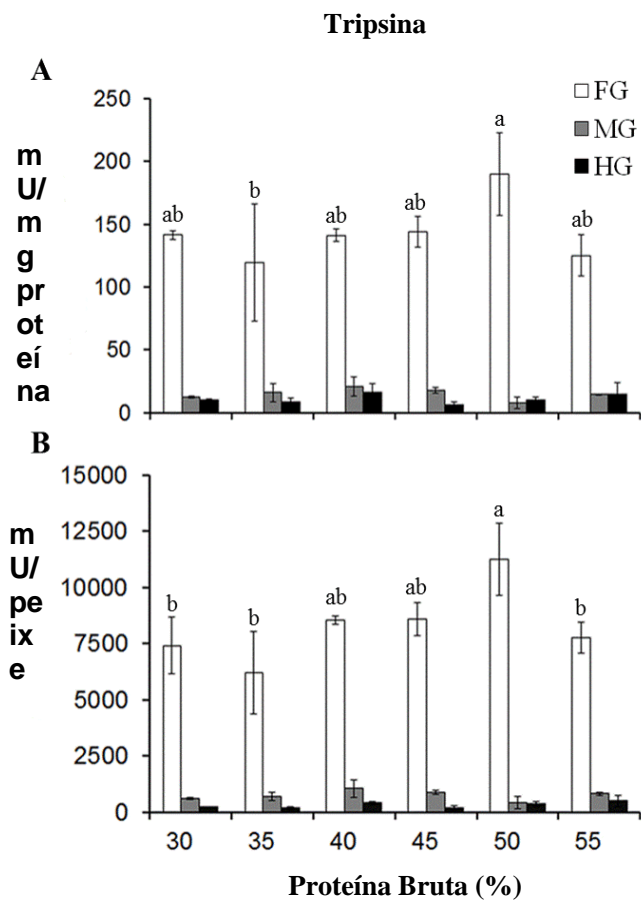


Figura 3. Atividade específica (A) e absoluta (B) da quimotripsina, em diferentes segmentos do intestino (FG = Anterior, MG = Médio, HG = Posterior) de juvenis de cachara alimentados com níveis crescentes de proteína.

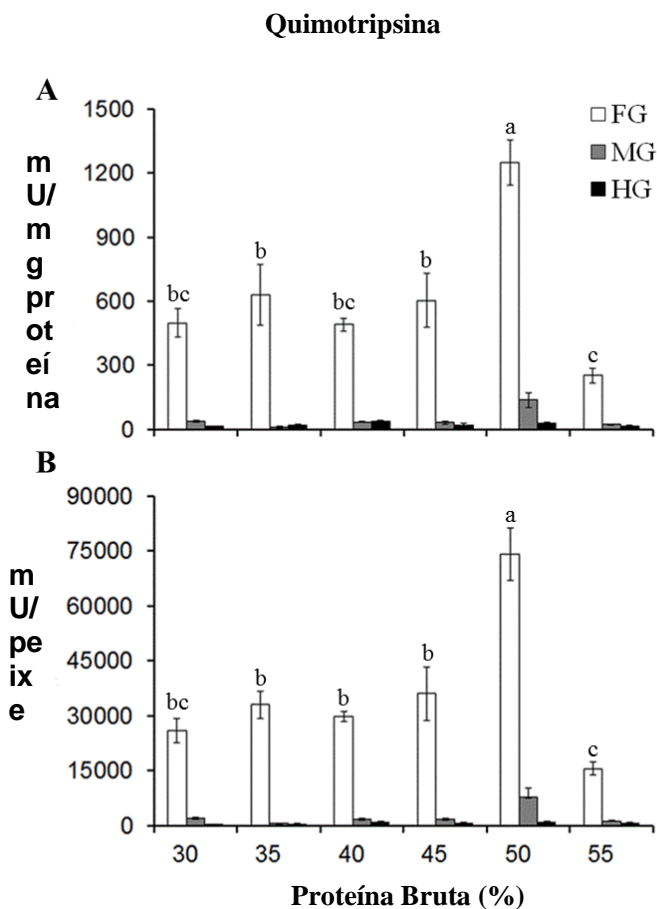
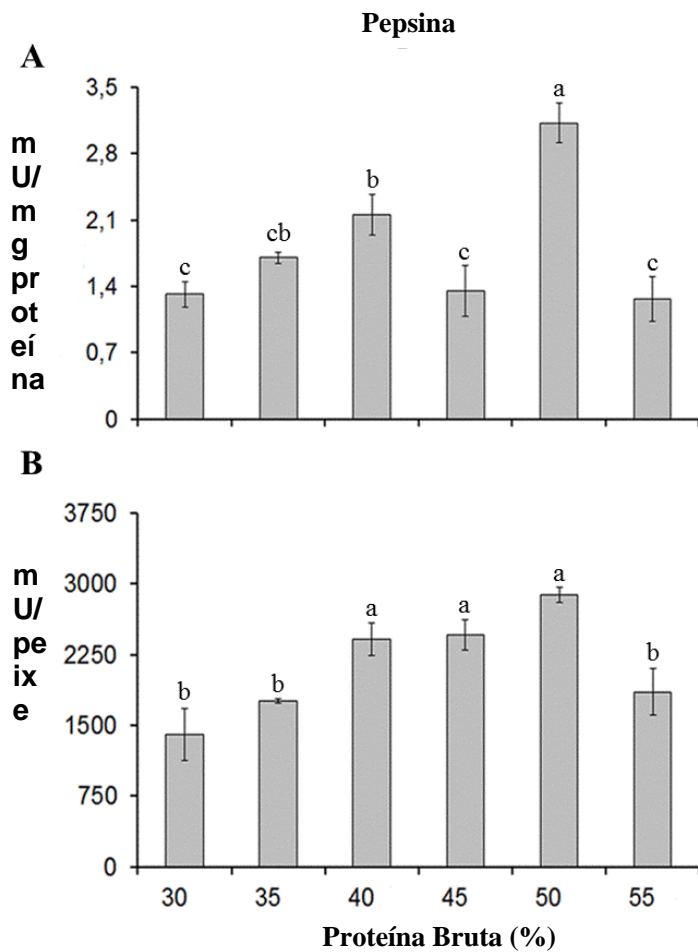
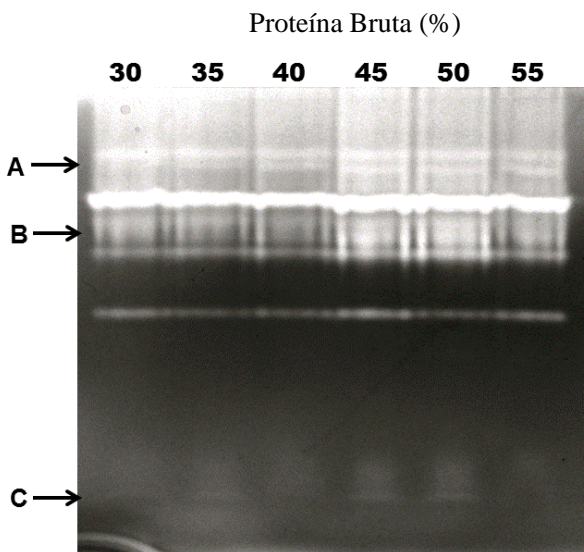


Figura 4. Atividade específica (A) e absoluta (B) da pepsina, no estômago de juvenis de cachara alimentados com níveis crescentes de proteína.



O Zimograma dos extratos do intestino do cachara apresentou o padrão das proteinases serínicas separadas em corrida eletroforética (Figura 5). A mesma tendência observada nos ensaios *in vitro* de um aumento gradativo nas atividades entre 30 e 50% PB seguido de uma queda em 55% PB, foram observadas em três bandas do zimograma (Figura 5, banda A, B e C). Houve um aumento da intensidade de banda entre as concentrações de 30 a 50% PB seguido de queda na intensidade de banda na concentração de 55% PB, sendo esta queda na intensidade de banda melhor observada na banda C.

Figura 5. Zimograma do intestino anterior de juvenis de cacharas alimentados com níveis crescentes de proteína. Nota-se provavelmente as bandas de quimotripsina (A, B, e C).



O presente estudo mostrou, que o desempenho dos animais foi significativamente influenciado pelo nível de proteína na dieta. Houve aumento significativo no consumo e ganho em peso ($P < 0,05$), com o aumento da concentração proteica até 50% PB. Depois disso, o consumo alimentar e o ganho em peso diminuíram. Consequentemente, ocorreu a melhora na conversão e na eficiência alimentar até o nível de 50% PB. Os peixes alimentados com as dietas que continham as maiores concentrações de proteína (45, 50 e 55% PB), apresentaram uma

excelente conversão alimentar, mostrando ser uma espécie com grande potencial para cultivos intensivos.

Todas as dietas eram isoenergéticas portanto, assumimos que a diferença no consumo foi devida a variação da concentração proteica. As dietas com baixas concentrações proteicas, provavelmente não atenderam as exigências metabólicas da espécie, resultando em baixo desempenho e acúmulo de gordura corporal, enquanto o excesso de proteína prejudicou o desempenho dos peixes, provavelmente pelo aumento no gasto metabólico para o catabolismo proteico (Lee and Putnam 1973; Mohanta et al. 2008).

A deposição proteica corporal aumentou significativamente com o aumento da proteína dietética, ao passo que a deposição lipídica diminuiu. No entanto, a maior retenção proteica foi encontrada nos peixes que receberam a dieta com 45% de PB.

A exigência proteica estimada para os juvenis de cachara (49,25% PB), foi próxima àquela encontrada para juvenis de outras espécies carnívoras de água doce, como o pirarucu (Arapaima gigas), acará disco (Symphysodon spp.) e truta marrom (Salmo trutta), cujas exigências proteicas foram, respectivamente, 48 % PB (Itassú et al. 2005), 44,9 a 50,1 % PB (Chong et al. 2000) e 53 % PB (Arzel et al. 1995). Já a exigência relatada para o pintado (Pseudoplatystoma corruscans) espécie filogeneticamente próxima e com o mesmo hábito alimentar do cachara foi de 30 % PB (Machado, 1999) e 32,14 % de proteína digestível (que corresponde a 43,33 % PB) (Carneiro e Gonçalves, 2002), estes autores trabalharam com animais de peso semelhante ao presente estudo $25,12 \pm 0,40\text{g}$ e $16,60 \pm 0,20\text{ g}$, respectivamente. No entanto, a exigência proteica foi provavelmente subestimada no estudo de Carneiro e Gonçalves (2002) já que o maior ganho em peso foi observado nos peixes que receberam a dieta que continha a maior concentração proteica.

Similarmente à resposta de desempenho, a atividade proteolítica aumentou com o aumento da proteína na dieta, com a máxima atividade observada nos peixes que receberam a dieta com 50% de PB. O excesso de proteína na dieta (55% PB) causou declínio nas atividades das enzimas, juntamente com a diminuição no ganho em peso. A mesma tendência foi encontrada em “silver barb”, Puntius gonionotus (Mohanta et al. 2008), and “jian carp”, Cyprinus carpio (Liu et al. 2009).

De acordo com Mohanta et al. (2008), a atividade da tripsina diminui significativamente quando o nível de proteína na dieta é excessivo. Estes autores sugerem que, à medida que o teor de proteína na dieta aumenta, a síntese das enzimas proteolíticas também aumenta,

até que a capacidade de síntese proteica do animal seja atingida. Após essa taxa máxima de crescimento ser atingida, ocorre a diminuição na síntese de enzimas. A atividade associada com a quimotripsina, foi a que apresentou a maior queda, com os animais alimentados com a dieta de 55%, comparado com as atividades da pepsina e tripsina.

O zimograma mostrou a melhoria das atividades nas bandas A, B e C quando os peixes foram alimentados com dietas contendo entre 35% até 50% de PB, ocorrendo grande diminuição de atividade nas mesmas quando fornecida a dieta de 55% de proteína. Essa brusca queda da atividade sugere, como observado nas atividades in vitro, que as bandas estejam relacionadas com a atividade de quimotripsina, a qual apresentou a maior variação de atividade. Além disso, o zimograma mostra que as outras bandas que aparecem e não estão tão marcantes, não tiveram grande variação nas atividades, sugerindo que elas correspondam a pepsina e tripsina.

O cachara é um peixe estritamente carnívoro, que precisa de treinamento alimentar para aceitar dietas inertes. Em nossa pesquisa utilizamos alevinos previamente treinados, mas para garantir o consumo adequado da dieta, incorporamos como fonte proteica a farinha de peixe nas rações, enquanto os outros ingredientes eram semipurificados. Isso levou a algumas diferenças nas taxas de inclusão de alguns ingredientes entre as dietas experimentais, o que poderia ser um motivo de preocupação. No entanto, apesar das diferenças no crescimento, não houve diferenças nos coeficientes de digestibilidade para proteína e matéria seca, entre os peixes alimentados com as dietas de 40, 45 e 50% de proteína bruta. Adicionalmente, a fonte de proteína escolhida, farinha de salmão, mostrou boa digestibilidade tanto para proteína quanto para matéria seca. Como a alimentação no cultivo de peixes representa o maior custo dentro de uma produção, a determinação da exigência proteica entre as diferentes fases do cachara é de vital importância para o sucesso no cultivo. No entanto, outras pesquisas devem ser feitas para determinar a relação ideal de energia : proteína, assim como avaliar ingredientes alternativos a farinha de peixe, o que pode reduzir o custo na produção desta espécie.

Como conclusão, a exigência proteica estimada que proporcionou o maior ganho em peso de juvenis de cachara entre 16 e 85 g foi de 49,25% PB, em uma dieta com 4.600 kcal/kg. Isto é equivalente a 44,79% de proteína digestível, e a relação de energia bruta por proteína digestível foi de 10,27 kcal/g. A dieta com 50% de proteína bruta proporcionou uma maior atividade das enzimas proteolíticas, porém o

excesso de proteína (acima de 50%) provocou uma redução nessas atividades enzimática e no crescimento de juvenis de cachara.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), por financiar esse projeto através do programa AQUABRASIL, assim como o Dr. Fábio Foresti da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), por confirmar a espécie estudada através de análises de DNA. Agradecemos também a Agência Federal de Apoio e Avaliação da pós graduação (CAPES, Brasil), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasil) pela concessão de bolsas para o primeiro e último autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anson, M. L.** 1938. The estimation of pepsin, trypsin, papain and cathepsin with hemoglobin. *The Journal of General Physiology* 22:79-89.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC).** 1999. Official Methods of Analysis. 16th edition. AOAC, Washington, DC, USA.
- Arzel, J., Métailler, R., Kerleguer, C., Le Delliou, H., and J. Guillaume.** 1995. The protein requirement of brown trout (Salmo trutta) fry. *Aquaculture* 130:67-78.
- Bradford, M. M.** 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 7: 248-254.
- Bremer Neto, H., C. A. F. Graner, L. E. Pezzato, C. R. Padovani, and O. A. Cantelmo.** 2003. Diminuição do teor de óxido de cromo (III) usado como marcador externo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32:249-255.

- Campos, F. A. P., J. Xavier-Filho, C. P. Silva, and M. B. Ary.** 1989. Resolution and partial characterization of proteinases and α -amylases from midguts of larvae of the bruchid beetle Callosobruchus maculatus (F.). *Comparative Biochemistry and Physiology* 92B:51-57.
- Campos, P., C. R. Martino, and L. C. Trugo.** 2006. Amino acid composition of Brazilian surubim fish (Pseudoplatystoma corruscans) fed diets with different levels and sources of fat. *Food Chemistry* 96:126–130.
- Campos, J. L.** 2010. O cultivo do pintado (Pseudoplatystoma corruscans, Spix; Agassiz, 1829), outras espécies do gênero Pseudoplatystoma e seus híbridos. Pages 335-358 in B. Baldisseroto and L. C. Gomes, organizers. *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. 2nd edition. Editora da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Carneiro, D. J. and E. G. Gonçalves.** 2002. Exigência de proteína digestível em dietas práticas para o pintado, Pseudoplatystoma corruscans (abstract). Page 114 in: *Simpósio Brasileiro de Aquicultura, Livro de Resumos do XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura*. Goiânia, Goiás, Brazil.
- Chong, A. S. C., R. Hashim and A. B. Ali.** 2000. Dietary protein requirements for discus (Symphysodon spp.). *Aquaculture Nutrition* 6:275-278.
- Crepaldi, D. V., P. M. C. Faria, E. A. Teixeira, L. P. Ribeiro, A. A. P. Costa, D. C. Melo, A. P. R. Cintra, S. A. Prado, F. A. A. Costa, M. L. Drumond, V. E. Lopes, and V. E. Moraes.** 2007. O surubim na aquicultura do Brasil. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 30:150-158.
- Del Mar, E., C. Largman, J. Brodrick, and M. Geokas.** 1979. A sensitive new substrate for chymotrypsin. *Analytical Biochemistry* 99:316-320.

- Erlanger, B. F., W. Cohen and N. Kokowsky.** 1961. Preparation and properties of 2 new chromogenic substrates of trypsin. Archives of Biochemistry and Biophysics 95:271-278.
- Fujimoto, R. Y. and D. J. Carneiro.** 2001. Adição de ascorbil polifosfato como fonte de vitamina C em dietas para alevinos de pintado, Pseudoplatystoma corruscans (Agassiz,1829). Acta Scientiarum 23:855-861.
- Ituassú, D. R., M. Pereira-Filho, R. Roubach, R. Crescêncio, B. A. S. Cavero, and A. L. Gandra.** 2005. Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. Pesquisa Agropecuária Brasileira 40:255-259.
- Kitagima, R. E. and D. M. Fracalossi.** 2011. Digestibility of Alternative Protein-Rich Feedstuffs for Channel Catfish, Ictalurus punctatus. Journal of the World Aquaculture Society 42:306-312.
- Lee, D. J. and G. B. Putnam.** 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. The Journal of Nutrition 103:916-922.
- Liu, Y., L. Feng, J. Jiang, Y. Liu, and X-Q. Zhou.** 2009. Effects of dietary protein levels on the growth performance, digestive capacity and amino acid metabolism of juvenile Jian carp (Cyprinus carpio var. Jian). Aquaculture Research 40:1073-1082.
- Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A. L. Farr, and R. J. Randall.** 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. The Journal of Biological Chemistry 193:265-275.
- Lundstedt, L. M.** 2003. Aspectos adaptativos dos processos digestivo e metabólico de juvenis de pintado (Pseudoplatystoma corruscans) arraçoados com diferentes níveis proteína e energia. PhD's dissertation. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil.
- Martino R. C., J. E. P. Cyrino, L. Portz, and L. C. Trugo.** 2002. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, Pseudoplatystoma corruscans. Aquaculture 209:209-218.
- Martino R. C., J. E. P. Cyrino, L. Portz, and L. C. Trugo.** 2005. Performance, carcass composition and nutrient utilization of

- surubim Pseudoplatystoma corruscans (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. *Aquaculture Nutrition* 11:131–137.
- Mohanta, K. N., S. N. Mohanty, J. K. Jena and N. P. Sahu.** 2008. Protein requirement of silver barb, Puntius gonionotus fingerlings. *Aquaculture Nutrition* 14:143-152.
- National Research Council (NRC).** 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. National Academic Press, Washington, DC, USA.
- Silva, C. P., W. R. Terra, and R. M., Lima.** 2001. Differences in midgut serine proteinases from larvae of the bruchid beetles Callosobruchus maculatus and Zabrotes subfasciatus. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 47:18-28.
- Takahashi, L. S. I. and J. E. P. Cyrino.** 2006. Dietary carbohydrate level on growth performance of speckled catfish, Pseudoplatystoma corruscans. *Journal of Aquaculture in the Tropics* 21:13-19.
- Teixeira, E. A., E. O. S. Saliba, A. C. C. Euler, P. M. C. Faria, D. V. Crepaldi, and L. P. Ribeiro.** 2010. Coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:1180-118

CAPÍTULO II

Farinha de vísceras de frango em dietas para juvenis de cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*: digestibilidade e desempenho em diferentes níveis de substituição à farinha de peixe

Fernando Henrique Gomes Cornélio¹, Douglas Amaral da Cunha¹,
Eduardo Cargnin-Ferreira², Débora Machado Fracalossi^{1*}

¹Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI),
Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias,
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

²Laboratório de Marcadores Histológicos, Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Campus Garopaba.
Rodovia SC 434, km 11, nº 11090, 88495-000 Garopaba, SC. E-mail:
eduardo.cargnin@ifsc.edu.br.

*Autor correspondente: Débora Machado Fracalossi, Departamento de
Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de
Santa Catarina. Rodovia Admar Gonzaga, 1346, 88034-001
Florianópolis, SC. E-mail: debora.fracalossi@ufsc.br

RESUMO

A farinha de vísceras de aves, por apresentar alto valor nutricional, está sendo considerada ótima fonte proteica na alimentação de peixes. Seis dietas isoproteicas e isoenergéticas (50% proteína bruta (PB) e 5.000 kcal/kg de energia bruta (EB)) foram formuladas com diferentes porcentagens de substituição (0, 20, 40, 60, 80 e 100%) da proteína da farinha de resíduos de salmão pela proteína da farinha de vísceras, obtida por processamento logo após o abate dos frangos. Cada dieta foi fornecida a três grupos com nove cacharas, *Pseudoplatystoma reticulatum*, pesando inicialmente ($87,75 \pm 15,91$ g). O arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia, até saciedade aparente, por 60 dias. Os maiores valores de ganho em peso, taxa de crescimento específico, taxa de retenção proteica, assim como a melhor conversão alimentar, foram observados nos peixes alimentados com a dieta contendo 80% de substituição da farinha de peixe pela farinha de vísceras ($P < 0,05$). Não foram observadas diferenças significativas na composição corporal dos peixes (proteína, lipídios, matéria seca e cinzas) com o aumento da substituição proteica. Os coeficientes de digestibilidade da proteína, energia e da matéria seca também não variaram significativamente entre as dietas com 0, 40, 60 e 100% de substituição, resultando em $90,32 \pm 0,8\%$, $80,39 \pm 1,7\%$ e $73,39 \pm 3,4\%$, respectivamente. A análise histológica do fígado, estômago e intestinos não evidenciou diferenças morfológicas entre os peixes com o aumento da substituição proteica. Portanto, farinha de vísceras de aves de boa qualidade pode substituir com sucesso uma farinha de resíduos de peixe, em dietas para juvenis de cachara. O melhor nível de substituição proteica, estimado por análise de regressão polinomial, foi 79%, baseando-se nos dados de ganho em peso.

Palavras-chaves: carnívoro, histologia, proteína, ingrediente, crescimento, bagre

INTRODUÇÃO

O interesse na produção de bagres nativos do gênero *Pseudoplatystoma*, conhecidos como surubins, ocorre pela alta demanda e grande valor de mercado, além de suas excelentes características zootécnicas para criação intensiva como rápido crescimento, fácil reprodução e boa conversão alimentar (Crepaldi et al., 2007, Sato; Godinho, 2003, Sato et al., 2003, Campos, 2010). O carnívoro cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*, que pertence à bacia do rio Paraná e a Amazônica, é um exemplo dessas espécies (Campos, 2010).

Os peixes carnívoros necessitam de proteína de alta qualidade, a qual na aquicultura é principalmente oriunda, da farinha de peixe. No entanto, a farinha de peixe nos últimos anos tem se tornado um fator limitante para produção dessas espécies, pois ocorreu aumento na demanda, e sua produção não pode ser maximizada, pois os estoques pesqueiros estão no limite de exploração ou sobreexplorados (Borghesi et al., 2009; Naylor et al., 2009). Com isso, o preço deste ingrediente aumentou de US \$ 400,00 a tonelada em 2000, para US \$ 1,400 em 2007, inviabilizando a produção de dietas que utilizem somente essa fonte proteica (Jackson, 2007; Tacon e Metian, 2008). Portanto, atualmente a busca de ingredientes que possam substituir a farinha de peixe é prioridade nas pesquisas (Lee, 2002; Zhou et al., 2004; Glencross et al., 2007).

Diferentes fontes proteicas, tanto de origem vegetal (Fournier et al., 2004; Gatlin et al., 2007; Lim et al., 2011), como animal (Wang et al., 2008; Yang et al., 2004; Zhou et al., 2011) são estudadas como ingredientes alternativos à farinha de peixe. Porém, fontes de proteínas vegetais, como a soja, são limitadas para alimentação destinadas a peixes carnívoros, pois não são palatáveis, são carentes de alguns aminoácidos essenciais e possuem fatores antinutricionais, dificultando a alta inclusão nas dietas (Gatlin et al., 2007). Em juvenis de cachara, a substituição da farinha de peixe pelo farelo de glúten de milho causou prejuízo no desempenho dos animais em níveis acima de 15%, sendo que foram testados níveis de substituição de 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36 e 42% (Bicudo et al., 2012).

Já estudos com ingredientes de origem animal, algumas farinhas apresentam resultados animadores, quando incluídas em dietas para carnívoros, pois apresentam maior quantidade de proteína e de aminoácidos indispensáveis, que os ingredientes de origem vegetal (Robinson e Li, 1998), como a farinha de carne e ossos, farinha de

sangue e farinha de vísceras de aves (Stone et al. 2000; Sugiura et al. 2000; Guo et al., 2007; Goda et al., 2007; Shapawi et al., 2007).

Produtos de origem animal começaram a ser utilizados na aquicultura por volta de 1930, mas sua utilização foi limitada de 1970 a 1980, pois alguns estudos mostravam baixa digestibilidade desses ingredientes para os peixes e alta variação na qualidade (Cho e Slinger, 1979; Cho et al., 1982; NRC, 1993). Estudos recentes mostram que esses problemas de qualidade ficaram no passado (Bureau et al., 1999; Bureau et al., 2000), ocorrendo aumento na utilização desses produtos na aquicultura.

A maior utilização de subprodutos da indústria alimentícia na produção aquícola é uma boa solução para o volume de resíduos do abate de animais que cresce a cada ano e acaba tornando-se problema para o setor. Quanto maior a quantidade de resíduo que possa ser transformado em subprodutos comercializáveis ou co-produtos, melhor. Assim, o impacto ambiental gerado pela indústria de carnes seria diminuído, além de aumentar o rendimento econômico, ou pelo menos diminuir o custo de gestão dos resíduos.

Como o Brasil é um dos três maiores produtores de carne de frango mundial, os subprodutos da avicultura são particularmente importantes, pois representam uma fonte valiosa de proteína, com grande disponibilidade e preço atraente. Entre os subprodutos da avicultura, a farinha de vísceras merece destaque, sendo alvo de estudos como substitutivo parcial da farinha de peixe em dietas para aquicultura (Nengas et al., 1999; Shapawi et al., 2007; El-Haroun et al., 2009). Segundo o NRC (2011), o nível de proteína e o perfil de aminoácidos da farinha de vísceras de frango é relativamente similar ao da farinha de peixe. Porém, existem muitas variações na produção desse ingrediente, alterando seu valor nutricional entre indústrias e até mesmo entre lotes da mesma indústria. Essas variações ocorrem principalmente pelas diferentes proporções de resíduos na matéria prima utilizada em sua fabricação, bem como pela forma de processamento e grau de deterioração da matéria prima (Nengas et al., 1999, Fernandes et al., 2011). Ainda, normalmente os estudos não detalham a qualidade deste ingrediente, o que dificulta ainda mais a avaliação dos resultados e a comparação entre estudos. Portanto, os estudos que avaliam a utilização deste ingrediente em dietas para peixes apresentam resultados controversos, alguns com bons resultados (Yang et al., 2006; Shapawi et al., 2007; Saoud et al., 2008; Zhou et al., 2011), mas outros com resultados não tão bons (Nengas et al., 1999; Webster et al., 2000; Turker et al., 2005; Yigit et al., 2006).

Estudos testando a farinha de vísceras de frango como ingrediente alternativo, foram realizados em algumas espécies de peixes, tais como a truta arco íris, *Oncorhynchus mykiss* (Cheng e Hardy, 2002; Cheng et al., 2004), largemouth bass, *Micropterus salmoides* (Portz et al., 2004; Masagounder et al., 2009), tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* (Faria et al., 2002; Guimarães et al., 2008) e o pintado, *Pseudoplatystoma coruscans* (Gonçalves et al., 2003), entre outros. Já para o cachara foi determinada a digestibilidade da proteína da farinha de vísceras de frango (99,36%), a qual foi superior à farinha de peixe (82,84%), mostrando o potencial deste ingrediente (Silva et al., 2013). Entretanto, ensaios de crescimento com o cachara, testando a farinha de vísceras, ainda não foram publicados.

A farinha de vísceras utilizada nesse estudo foi selecionada a partir de uma pesquisa de mestrado (Fernandes et al., 2011), onde foi comparada a qualidade da farinha de vísceras produzida por frigoríficos ou produtores independentes, em diferentes épocas do ano. Foram feitas coletas sazonais, verificando-se a composição proximal (proteína bruta, extrato etéreo, matéria seca, cinzas, fósforo) e índices qualitativos (índice de peróxidos, índice de acidez, aminoácidos e aminas biogênicas, granulometria, presença de antibióticos e *Salmonella*). O fornecedor de farinha de vísceras que apresentou o produto com a melhor composição proximal e os melhores índices qualitativos foi selecionado como fornecedor para o estudo aqui apresentado com o cachara.

Objetivou-se com esse estudo avaliar a utilização de farinha de vísceras de boa qualidade na substituição da farinha de resíduos de salmão, na alimentação do bagre carnívoro cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Um ensaio de crescimento e outro de digestibilidade foram realizados, seguindo o protocolo PP00815, aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Catarina (CEUA, UFSC).

Foram adquiridos da piscicultura Piraí (Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil) mil cacharas puros, já adaptados a receber ração comercial. Os peixes foram aclimatados as condições do laboratório durante 20 dias, antes de serem transferidos para as unidades experimentais.

Dietas experimentais

Seis dietas com ingredientes práticos foram formuladas para serem isoproteicas (50% de proteína bruta) e isoenergéticas (5.000 kcal/kg de energia bruta), constituída com diferentes porcentagens de substituição da proteína da farinha de resíduos de salmão, pela proteína da farinha de vísceras de frango (0, 20, 40, 60, 80 e 100%) (Tabela 8).

A farinha de vísceras de frango foi adquirida diretamente de um frigorífico de Santa Catarina, o qual processa os resíduos logo após o abate dos frangos. Já a farinha de resíduos de salmão foi importada do Chile. Ambas as farinhas foram analisadas antes da confecção das dietas (Tabela 9), comprovando o valor nutricional dos dois ingredientes.

Como referência para a formulação das dietas, utilizou-se a exigência proteica do cachara, determinada no primeiro capítulo desta tese, já para vitamina C, lipídio, energia e carboidratos foram utilizados as exigências determinadas para o pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Fujimoto e Carneiro 2001, Martino et al. 2002, Martino et al. 2005, Takahashi e Cyrino 2006), que também é uma espécie carnívora, com hábitos similares ao cachara. Para os demais nutrientes (aminoácidos, vitaminas e minerais), utilizou-se a exigência da truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (NRC, 2011), espécie também carnívora de água doce.

Na confecção das dietas, as farinhas (de peixe, vísceras e trigo) foram moídas (1 mm), pesadas e homogeneizadas juntamente com o premix. A seguir os ingredientes secos foram misturadas com os óleos e água até a formação de uma massa, que foi peletizada a um diâmetro de 4 mm e seca em estufa, a 50 °C por 10 h. Em seguida, as dietas foram embaladas e armazenadas sob refrigeração (5°C) até o momento de sua utilização.

Tabela 8 - Composição das dietas experimentais com diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína da farinha de vísceras de frango, fornecidas a juvenis de cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*, por 60 dias.

Ingredientes, %	% Substituição proteica					
	0	20	40	60	80	100
Farinha de resíduo de salmão ¹	63,90	51,41	38,22	25,29	12,52	00,00
Farinha de vísceras de frango ²	00,00	13,00	26,81	40,33	53,73	67,00
Farinha de trigo ³	26,00	26,34	26,88	27,42	27,92	28,50
Óleo de fígado de bacalhau	5,00	5,00	5,00	4,96	3,83	2,50
Óleo de soja	3,10	2,25	1,09	0,00	0,00	0,00
Premix vitamínico e mineral ⁴	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Composição proximal analisada, %						
Proteína bruta (PB)	49,34	49,85	49,10	49,46	49,58	49,38
Extrato etéreo	11,73	12,59	11,74	12,13	14,40	13,94
Matéria mineral	10,94	10,96	9,60	9,99	9,33	8,02
Energia bruta (EB), kcal/kg	5,065	4,944	5,081	5,005	5,003	5,077
Relação EB/PB, kcal/g	10,26	9,91	10,34	10,11	10,09	10,28

¹ Pesquera Pacific Star S.A. (Cardonal, Puerto Montt, Chile). Farinha de filetagem de salmão. Proteína bruta = 72%, extrato etéreo = 11%.

² Frangosul (Montenegro, RS, Brasil). Produzida logo após processamento do frango. Proteína bruta = 68%, extrato etéreo = 14%.

³ J. Macedo (Fortaleza, CE, Brasil).

⁴ Premix vitamínico e micromineral. Nutron Alimentos (Toledo, PR, Brasil), composição kg⁻¹ de produto: ácido fólico 250 mg, ácido pantotênico 5.000 mg, antioxidante 0,6 g, biotina 125 mg, cobalto 25 mg, cobre 2.000 mg, colina 75.000 mg, ferro 13.820 mg, iodo 100 mg, manganês 3.750 mg, niacina 5000 mg, selênio 75 mg, vitamina (vit.) A 1.000.000 UI, vit. B₁ 1250 mg, vit. B₁₂ 3.750 mg, vit. B₂ 2.500 mg, vit. B₆ 1.785 mg, vit. C 42.000 mg, vit. D₃ 500.000 UI, vit. E 20.000 UI, vit. K 35.000 mg, zinco 17.500 mg.

Tabela 9 – Composição proximal dos ingredientes proteicos utilizados na confecção das dietas experimentais.

Fração	Farinha de resíduos de salmão	Farinha de vísceras de frango
Proteína bruta	72,16 ± 1,55	67,90 ± 1,07
Extrato etéreo	11,14 ± 0,63	14,20 ± 1,51
Cinzas	13,02 ± 0,78	10,00 ± 1,60
Matéria seca	91,32 ± 2,19	95,03 ± 1,54

Ensaio de crescimento

Dezoito grupos com nove juvenis de cachara ($87,75 \pm 15,91\text{g}$) foram selecionados e estocados em tanques redondos, com volume útil de 150 L. Os tanques estavam conectados a um sistema central de recirculação de água e recebiam aeração constante, os peixes foram aclimatados as condições experimentais durante uma semana, recebendo uma ração com 42% de proteína bruta.

Após o período de aclimação, os peixes foram alimentados com as dietas experimentais, até a saciedade aparente, duas vezes ao dia (9 h e 16 h), durante 60 dias. O consumo diário foi calculado para cada tanque, pesando-se os potes de ração designados para cada unidade experimental, antes e após a alimentação.

Os peixes foram mantidos no escuro e à salinidade 1,5 ppt para prevenção de infestação com íctio (*Ichthyophthirius multifiliis*). O oxigênio dissolvido na água e a temperatura foram monitorados diariamente com auxílio de oxímetro, enquanto que o pH e a amônia total, semanalmente, com de kits comerciais específicos. As médias para temperatura, oxigênio e pH foram $26,84 \pm 0,5^\circ\text{C}$, $7,00 \pm 0,26\text{ mg/L}$ e $6,9 \pm 0,58$, respectivamente, enquanto que a amônia total e nitrito não excederam $0,25\text{ mg/L}$. Estas variáveis indicadoras da qualidade de água se mantiveram adequadas para o gênero *Pseudoplatystoma* (Campos, 2010).

Quinzenalmente, os animais eram submetidos a uma biometria após jejum de 24 h e posteriormente contados e pesados para os cálculos de ganho em peso, eficiência alimentar, conversão alimentar, taxa de crescimento específico e sobrevivência.

Análises centesimais das rações e peixes

Peixes foram amostrados no início (20 exemplares) e no final (três peixes por tanque) do ensaio alimentar para análise da composição corporal e cálculo da retenção proteica. Os peixes foram sacrificados por overdose (1 ml/L) do anestésico Eugenol[®] e congelados a -80°C até análise. As análises centesimais das dietas e peixes foram realizadas utilizando-se metodologias padronizadas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1999). Brevemente, para determinação da matéria seca, as amostras foram secas em estufa a 105°C até peso constante; para matéria mineral, submetidas à 550°C por 5 h; para extrato etéreo, sofreram extração em éter pelo método Soxhlet; para proteína bruta, digestão pelo método Kjeldahl (nitrogênio x 6,25) e a energia foi determinada por combustão em bomba calorimétrica.

Análises Histológicas

Ao final do período experimental, dois animais por tanque foram anestesiados, sacrificados e submetidos à dissecação para a retirada do fígado, estômago e intestino. O intestino foi dividido em três partes iguais (anterior, médio e posterior). A macrotomia do fígado foi feita para a redução do seu volume e para uniformização da porção a ser estudada. As amostras foram fixadas em formol tamponado com fosfato 0,1 M a pH 7,2 por 48 h, seguida por uma lavagem em água corrente durante 2 h. Depois de desidratação em série etanólica, utilizou-se uma metodologia de rotina para a inclusão em parafina a 58°C, valendo-se do xilol como líquido intermediário (Cargnin-Ferreira & Sarasquete, 2008). Após a inclusão do material em parafina, os blocos resultantes foram cortados em micrótomo Leica RM 2025. Os cortes com espessura de 5 µm foram então estirados e recolhidos em banho termostático a 52°C e dispostos sobre lâminas gelatinizadas. Os cortes foram desparafinizados e hidratados segundo metodologia de rotina e corados com a técnica tricrômica de Cason (Cargnin-Ferreira & Sarasquete, 2008). As lâminas foram fotografadas em fotomicroscópio (Leica), com aumento de 100 vezes para as análises morfológicas do intestino, estômago e fígado e com aumento de 400 vezes para as análises do conteúdo de lipídios do fígado.

O aplicativo Chptool (Cyclops Histopathological Tool) foi utilizado para quantificar a presença de lipídios no fígado. Para análise das imagens, cinco áreas de cada lâmina de fígado foram fotografadas,

com o objetivo de se amostrar toda variação tissular hepática (n=180). Estas imagens foram processadas para obter a percentagem de área relativa de lipídios em relação ao restante de parênquima e estroma hepático, resultando em um valor arbitrário para cada foto. Com a média das percentagens dessas cinco fotos, foi realizada a análise estatística.

Ensaio de digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína, energia e matéria seca foram determinados para as dietas com 0, 40, 60 e 100% de substituição da proteína da farinha de resíduos de salmão pela proteína da farinha de vísceras, em triplicata.

Os peixes foram estocados em 12 tanques na densidade de seis peixes ($337,66 \pm 59,7$ g) por tanque e aclimatados durante uma semana antes do início da coleta de fezes, quando receberam as rações experimentais. Os peixes eram alimentados em tanques retangulares, com volume útil de 120 litros, duas vezes ao dia (23:00 e 8:00 h), na quantidade de 5% da biomassa, com as mesmas dietas do ensaio de crescimento, suplementadas com 0,5% do marcador inerte (óxido de crômio) em substituição ao premix. Às 12 h, os peixes eram anestesiados com Eugenol[®], colocados em gaiolas (52 cm de diâmetro e 62 cm altura) e transferidos para tanques cilindro-cônicos de 200 L, apropriados para coleta de fezes, previamente lavados e limpos, para evitar contaminação. As fezes eram coletadas a cada 6 h (às 18 h, 00 h e 6 h), por sedimentação, em tubos de 50 mL acoplados ao fundo dos tanques. Os tubos ficavam imersos em isopor com gelo, a fim de minimizar os possíveis efeitos de degradação das fezes por ação bacteriana. Após cada coleta, as fezes eram centrifugadas a 2.296 g por 5 min e o sobrenadante descartado. A massa fecal era seca em estufa (50 °C) até peso constante e armazenada sob congelamento (-20°C) para análises posteriores. Esse manejo foi feito durante 60 dias, alternando-se os dias de coleta entre os grupos de peixe de cada repetição. Enquanto os peixes de duas repetições permaneciam nos tanques de alimentação, a terceira estava nos tanques de coleta.

A concentração do marcador foi medida na ração, assim como nas fezes, de acordo com metodologia descrita por Bremer Neto et al. (2003). Os conteúdos de matéria seca, proteína bruta e energia das fezes e das dietas foram analisados de maneira similar à descrita para as dietas e peixes no ensaio de crescimento.

O fotoperíodo foi semelhante ao ensaio de crescimento, os tanques de alimentação e coleta estavam conectados a um mesmo sistema de recirculação de água, com aeração e controle de temperatura ($27 \pm 0,7$ °C). A taxa de renovação de água dos tanques foi de aproximadamente 10 a 15 L/min e a salinidade mantida a 1,5 ppt, o oxigênio variou entre $6,78 \pm 0,43$ mg/L enquanto que a amônia total e nitrito não excederam 0,25 mg/L. Essas variáveis indicadoras da qualidade de água foram monitoradas da mesma maneira descrita para o ensaio de crescimento, permanecendo os valores adequados para o conforto da espécie.

Análise estatística

Os dados histológicos, de composição corporal e digestibilidade foram submetidos à análise de variância, seguido pelo teste de Tukey para diferenciação entre as médias, quando necessário. O nível de significância adotado foi 5%. As variáveis de desempenho foram submetidas à análise de regressão polinomial e o melhor nível de substituição proteica foi estimado utilizando os dados de ganho em peso.

RESULTADOS

A composição das dietas experimentais está expressa na (Tabela 8). Não foi observada qualquer mortalidade durante ambos os ensaios. Em dietas com 50% de proteína bruta e aproximadamente 5000 kcal/kg, o nível de substituição proteica que promoveu o maior ganho em peso para juvenis de cachara, foi 79% (Figura 6). Já para a melhor retenção proteica, o nível de substituição foi reduzido para 69% (Figura 6).

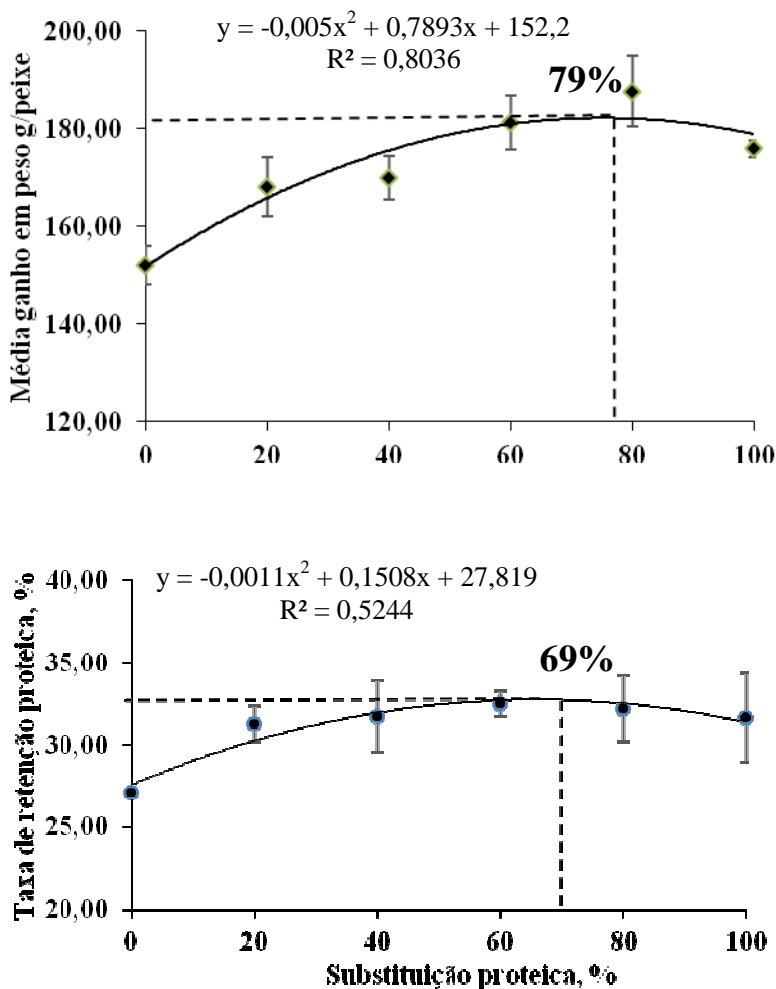


Figura 6. Regressão polinomial de segunda ordem do ganho em peso e retenção proteica de juvenis de cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*), quando alimentados com níveis crescentes de substituição da proteína da farinha de resíduo de salmão pela proteína de farinha de vísceras de frango por 60 dias. Os valores representam a média e erro padrão de três repetições.

O aumento da substituição proteica da farinha de resíduos de salmão, pela farinha de vísceras de frango resultou em uma resposta quadrática significativa ($P < 0,05$) para o peso final, eficiência alimentar, crescimento específico, conversão alimentar e retenção proteica, já o consumo foi estatisticamente semelhante ($P > 0,05$) para todas as dietas (Tabela 10). Não ocorreu mudança significativa ($P > 0,05$) na composição corporal, em termos de proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e umidade para os peixes que receberam as diferentes dietas (Tabela 11).

Não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) nos CDAs de proteína, energia e matéria seca entre as dietas contendo 0, 40, 60 e 100% de substituição proteica (Tabela 12), sendo que ambas as fontes proteicas utilizadas (farinha de resíduo de salmão e a farinha de vísceras de frango) apresentaram elevada digestibilidade, tanto para proteína ($90,32 \pm 0,8\%$) quanto para energia ($80,39 \pm 1,7\%$). Já a digestibilidade média da matéria seca foi $73,39 \pm 3,4\%$.

Nas análises histológicas, independentemente da dieta a que foram submetidos os peixes, o parênquima do fígado apresentou lipidiose e equidade morfológica (Figura 7). Não foi observada nenhuma deformidade nas estruturas dos fígados, estômagos e intestinos analisados. Os órgãos se mantiveram íntegros com a substituição do ingrediente proteico. Conforme a classificação em nível microscópico descrita por Bernet et al. (1999), os peixes apresentaram fígados com grau 3 de lipidiose. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) nas médias das porcentagens lipídicas encontradas nos fígados, entre os peixes dos diferentes tratamentos. Por meio da análise do programa Chptool, a média estimada de lípidios nos fígados foi de $18,00 \pm 2,91\%$.

Tabela 10. Valores médios de desempenho e consumo de juvenis de cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína da farinha de vísceras de frango, ao final de 60 dias.^{1,2}

Variáveis de desempenho	Substituição proteica, %					
	0	20	40	60	80	100
PF, g/peixe	249,75 ± 11,13	257,07 ± 4,33	266,69 ± 9,23	268,61 ± 3,62	275,90 ± 4,35	267,15 ± 1,29
TCE, %	1,76 ± 0,07	1,77 ± 0,01	1,85 ± 0,06	1,87 ± 0,02	1,90 ± 0,02	1,86 ± 0,01
EA	0,79 ± 0,05	0,81 ± 0,01	0,85 ± 0,03	0,86 ± 0,01	0,87 ± 0,02	0,84 ± 0,01
CA	1,27 ± 0,07	1,24 ± 0,02	1,18 ± 0,04	1,16 ± 0,01	1,15 ± 0,02	1,19 ± 0,01
CD, g/peixe	206,18 ± 5,71	207,68 ± 1,77	209,51 ± 2,79	210,97 ± 3,38	215,54 ± 1,62	213,59 ± 1,60

¹A análise de regressão polinomial de segunda ordem foi significativa para todas as variáveis de desempenho ($P < 0,05$) e não significativa ($P > 0,05$) para o consumo, gerando as seguintes equações: peso final (PF) $y = -0,0051x^2 + 0,8054x + 239,78$ ($R^2 = 0,76$); taxa de crescimento específico (TCE) $y = -0,00003x^2 + 0,005x + 1,68$ ($R^2 = 0,86$); eficiência alimentar (EA) $y = -0,00002x^2 + 0,003x + 0,7492$ ($R^2 = 0,80$), conversão alimentar (CA) $y = 0,00003x^2 - 0,0049x + 1,3351$ ($R^2 = 0,80$) e consumo dietético (CD) $y = 0,0003x^2 + 0,0234x + 209,38$ ($R^2 = 0,28$)

²Peso inicial dos peixes = $87,75 \pm 15,91$ g.

Tabela 11. Composição corporal, na matéria úmida, de juvenis de cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*, alimentados com diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de salmão pela farinha de vísceras por 60 dias¹.

Substituição Proteica %	Extrato etéreo	Proteína bruta	Cinzas	Umidade
0	25,17 ± 1,24 ^a	17,81 ± 0,37 ^a	3,61 ± 0,07 ^a	71,70 ± 0,51 ^a
20	24,14 ± 0,40 ^a	18,52 ± 0,51 ^a	3,66 ± 0,12 ^a	71,87 ± 0,56 ^a
40	25,16 ± 1,03 ^a	18,30 ± 0,38 ^a	3,65 ± 0,27 ^a	70,96 ± 0,61 ^a
60	24,68 ± 0,57 ^a	18,21 ± 0,27 ^a	3,33 ± 0,34 ^a	71,23 ± 0,34 ^a
80	25,00 ± 0,74 ^a	17,96 ± 0,51 ^a	3,57 ± 0,16 ^a	71,31 ± 0,51 ^a
100	24,84 ± 1,07 ^a	18,13 ± 0,86 ^a	3,54 ± 0,25 ^a	71,34 ± 1,20 ^a

¹Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 12. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e da matéria seca das dietas experimentais contendo 0%, 40%, 60% e 100% de substituição da proteína da farinha de salmão pela farinha de vísceras de frango por 60 dias¹.

Proteína bruta dietética %	Coeficiente de digestibilidade aparente, %		
	Proteína bruta	Matéria seca	Energia
0	88,90 ± 1.28 ^a	72,63 ± 0.98 ^a	81,68 ± 2.56 ^a
40	90,69 ± 0.24 ^a	72,79 ± 1.01 ^a	81,36 ± 2.14 ^a
60	89,73 ± 1.70 ^a	69,29 ± 2.20 ^a	77,85 ± 1.74 ^a
100	89,82 ± 0,37 ^a	73,45 ± 4.33 ^a	80,68 ± 3.02 ^a

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

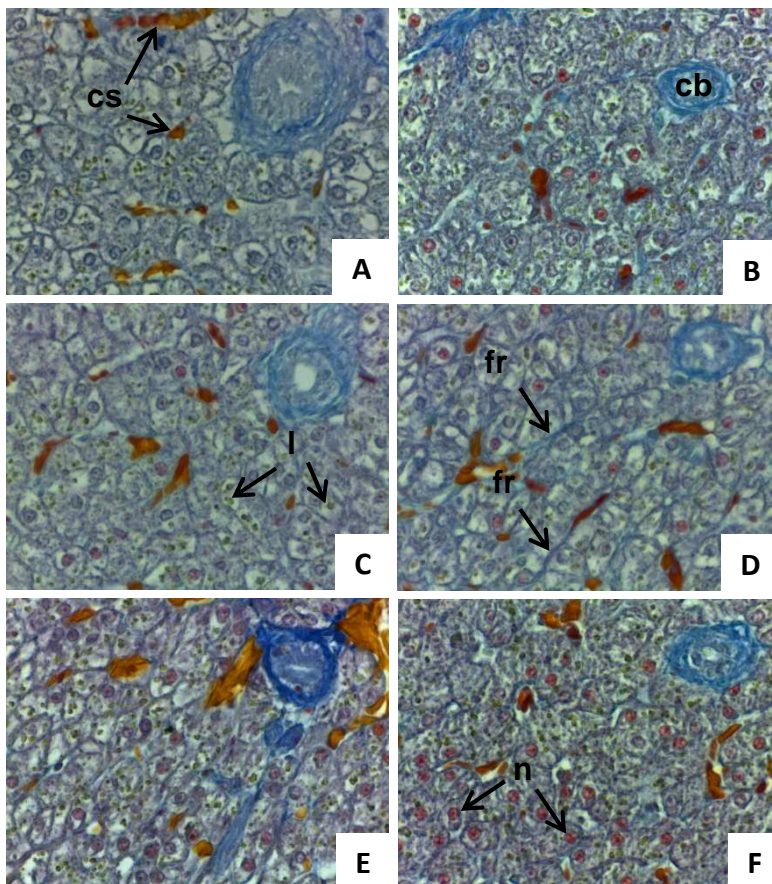


Figura 7. Imagens representativas do parênquima hepático de peixes que receberam a dieta controle 0% (A) e 20% (B), 40% (C), 60% (D), 80% (E) e 100% de substituição proteica. Independentemente da dieta, o parênquima do fígado apresentou equidade morfológica, sem deformidade nas estruturas hepáticas com a substituição do ingrediente proteico. Magnificação: 1000x; coloração: Cason. Capilares sinusóides (cs); (n) núcleos dos hepatócitos; (cb) canais biliares; (fr) fibras reticulares; (l) lipofuscina.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que uma farinha de vísceras de alta qualidade pode ser utilizada em substituição total à farinha de resíduos de peixe em dietas práticas para juvenis de cachara. Inclusive, o desempenho dos peixes que receberam só a farinha de vísceras como ingrediente proteico foi superior aos que receberam apenas a farinha de resíduo de salmão. O ganho em peso dos peixes foi melhorando até o nível de 79% de substituição, que corresponde à inclusão de 53,73% de farinha de vísceras e 12,52% de farinha de resíduo de salmão (Figura 1).

Estudos de substituição de fonte proteica, realizados com farinha de vísceras de frango de alta qualidade, relataram que a farinha de peixe pode ser substituída até 100% pela farinha de vísceras, sem causar prejuízo no desempenho de uma espécie carnívora, “red sea bream” (*Chrysophrys major*) (Takagi et al., 2000) e outra onívora “gibel carp” (*Carassius auratus gibelio*) (Yang et al., 2006). Já outros estudos com peixes de hábito alimentar carnívoro mostram que esta substituição é possível a níveis acima de 50%: a substituição proteica de 60% não causou prejuízo no desempenho do cobia (*Rachycentron canadum*) (Zhou et al., 2011), apesar deste ter sido o nível máximo de substituição testado, enquanto que o nível ideal de substituição para a garoupa (*Cromileptes altivelis*) foi 75% (Shapawi et al., 2007).

Por outro lado, alguns estudos mostram que a substituição de até 50% da farinha de peixe pela farinha de vísceras, pode prejudicar o desempenho de algumas espécies de peixes como a onívora tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* (El-Sayed, 1994) e o carnívoro “Black Sea turbot”, *Scophthalmus maeoticus* (Turker et al., 2005). Níveis de substituição acima de 25% não foram recomendados na alimentação do também carnívoro “sea turbot”, *Psetta maeotica* (Yigit et al., 2006). Já níveis de inclusão acima de 17%, que correspondia a 40% de substituição da farinha de peixe, prejudicou o crescimento do bagre africano, *Clarias gariepinus* (Abdel-Warith, 2001).

A farinha de vísceras utilizada no presente estudo foi obtida junto a um frigorífico, que processava a farinha logo após o abate dos frangos, o que se refletiu na sua alta qualidade. Recentemente foi relatado por (Fernandes et al., 2011) que há diferença nos indicadores de qualidade (peróxido, acidez, aminas biogênicas) e composição nutricional (proteína, lipídios e cinzas) em farinhas de vísceras de frango produzidas por graxarias, que coletam resíduos de vários frigoríficos, ou por frigoríficos, que processam os resíduos logo após o abate, em favor

da última. Essas variações significativas na qualidade do ingrediente, refletem nos resultados encontrados, além da variação e aceitação deste ingrediente pelas diferentes espécies. Em nosso estudo não houve diferença estatística no consumo, mostrando que os animais aceitaram bem as duas fontes proteicas.

A composição nutricional dos dois ingredientes proteicos testados está dentro dos parâmetros esperados (Tabela 9). Para farinha de peixe, a proteína bruta deve ser maior que 68%, o nível de cinzas ser menor que 13% e o extrato etéreo menor que 10% (NRC, 1993). Já para a farinha de vísceras de aves, as exigências de composição, segundo o Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (Sindirações, 2009) são: umidade (máximo 8%), proteína bruta (mínimo 55%), extrato etéreo (mínimo 10%) e cinzas (máximo 15%).

Apesar de possuírem a composição recomendada, os ingredientes diferiam entre si em alguns nutrientes: a farinha de resíduo de salmão possuía maior porcentagem de proteína e cinzas, já a farinha de vísceras apresentava maior teor de lipídio. Porém, durante a formulação das rações essas diferenças foram equilibradas, para gerar dietas isonitrogenadas e isolipídicas, com um balanceamento adequado de aminoácidos, para suprir as exigências de um carnívoro de água doce.

Nas décadas de 80 e 90 foram publicados os primeiros estudos sobre substituição da farinha de peixe pela farinha de vísceras em dietas de peixes e estes indicavam que a substituição não poderia ser superior a 50%, pois acarretava prejuízo ao desempenho dos animais (Fowler, 1991; Gallagher e Degani, 1988; Steffens 1994). Porém, as pesquisas mais recentes mostram que são possíveis níveis de substituição acima de 75% e até a substituição total (100%), como é o caso do nosso estudo (Alexis 1997; Nengas et al. 1999; Takagi et al., 2000). Provavelmente isso se deva à melhoria da qualidade da farinha de vísceras nos últimos anos, o que propiciou a melhora na digestibilidade e aproveitamento dos nutrientes (Bureau et al., 1999; Takagi et al., 2000; Yang et al., 2006; Borghesi et al., 2009).

Neste estudo, os dados de eficiência e conversão alimentar, foram melhorando até o nível 80% de substituição da farinha de salmão, já a taxa de retenção melhorou até 69% de substituição, quando analisados por regressão polinomial. Houve melhora no ganho em peso do cachara, com a incorporação da farinha de vísceras na dieta. Resultados semelhantes, em que a substituição proteica da farinha de peixe pela de vísceras melhorou esses índices, foram encontrados em uma espécie de carpa, *Carassius auratus gibelio* (4,89 g) por (Yang et al. 2006), no cobia, *Rachycentron canadum* (5,8 g) (Zhou et al. 2011) e no estudo

com juvenis (54 g) e adultos (280 g) de “Red Sea bream”, *Pagrus major* (Takagi et al., 2000). Normalmente a melhora desses índices está relacionada a um aumento na digestibilidade da dieta; porém, neste estudo, a digestibilidade das dietas não foi afetada pela substituição dos ingredientes. Todas as dietas apresentaram elevada digestibilidade para proteína e energia, comprovando a qualidade dos ingredientes utilizados. Na verdade, todos os grupos de peixes, independente da dieta consumida, apresentaram crescimento dentro do esperado, indicando que as dietas estavam adequadas e continham ingredientes de boa qualidade.

O ganho em peso médio diário apresentado pelo cachara no presente estudo (aproximadamente 3 g) se assemelha àqueles relatados para o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) em diferentes sistemas de criação, os autores trabalhando com juvenis com peso inicial de $73,30 \pm 0,45$ g, observaram ganho em peso médio de 2,34 g/dia em sistema semi-intensivo em tanque rede, 2,85 g/dia, em sistema intensivo em tanque rede e 4,05 g/dia em sistema extensivo em tanque escavado (Scorvo-Filho et al., 2008). Este alto ganho em peso do cachara demonstra seu grande potencial para aquicultura, apesar de ainda não ter sofrido processo de melhoramento genético e praticamente nem existir conhecimento de suas exigências nutricionais.

A composição corporal dos peixes pode ser afetada quando ocorre a substituição da farinha de peixe pela farinha de vísceras. Estudos com salmonídeos (Alexis et al., 1985; Steffens, 1994; Fowler, 1991) e cobia (Zhou et al., 2011) relatam que o teor de proteína diminuiu e a gordura corporal aumentou com a inclusão da farinha de vísceras, pois normalmente esse ingrediente contém maior porcentagem de lipídios e menor teor de proteína. Entretanto, em nosso estudo não houve diferença na composição corporal dos peixes com o aumento da substituição já que, apesar da diferença na composição centesimal entre as duas fontes proteicas, as dietas ficaram equilibradas em porcentagens dos nutrientes.

Os coeficientes de digestibilidade aparente foram elevados para os nutrientes, principalmente para proteína ($90,32 \pm 0,8\%$) e energia ($80,39 \pm 1,7\%$). Estudos mostram a diferença na digestibilidade de farinha de vísceras de diferentes qualidades. Em um estudo com truta arco-íris ($294,6 \pm 10,7$ g), os autores testaram três tipos de farinha de vísceras (feed grade, prime e refinada). A variação na digestibilidade proteica foi de (83,1; 84,8 e 87,1%) e energética (81,9; 83,4, e 79,8%) da pior para a melhor farinha (Cheng & Hardy 2002). Já testando a digestibilidade com dois tipos de farinha de vísceras (“feed-grade” e

“pet-food grade”) em dietas para “Sunshine Bass” os autores não encontraram diferença estatística entre os valores encontrados (75,16 e 78,49%), ficando a proteína com valores de coeficiente de digestibilidade aparente inferiores ao nosso estudo. (Thompson et al., 2008). Trabalhando com o dourado, *Salminus brasiliensis*, peixe nativo e carnívoro, Borghesi et al., (2009) encontrou resultados semelhante ao nosso estudo quanto a digestibilidade proteica com a farinha de vísceras (91,3%) e um coeficiente de digestibilidade aparente mais elevado para energia (90,3%).

O fígado possui funções essenciais como o metabolismo dos nutrientes e a acumulação, biotransformação e excreção de substâncias tóxicas (Fernandes et al., 2008). O eventual efeito prejudicial da dieta sobre o funcionamento do fígado dos peixes depende da duração da exposição (crônica ou aguda) e da concentração de componentes específicos das dietas, assim como de outros fatores como temperatura, idade do peixe e qualidade da água. Dentre as várias alterações hepáticas que os peixes podem apresentar, a lipidiose é uma das mais comuns em peixes de criação. A lipidiose hepática é a acumulação excessiva de lipídio, principalmente de triglicerídeos, no citoplasma do hepatócito (Hibiya, 1982; Carlyle e Duncan, 1990; Trigo, 1998). Essa lipidiose tem consequências no desempenho do peixe, com diminuição no crescimento e piora na conversão alimentar, sem, entretanto, ocasionar altas taxas de mortalidade (Cowey e Roberts, 1983). Nesse estudo, não foi observada qualquer relação entre os índices zootécnicos e a lipidiose apresentada nos fígados dos peixes submetidos às dietas experimentais por 60 dias. A presença de pigmentos ceróides (lipofucsina) denota alguma alteração a nível metabólico. Desse modo, as dietas oferecidas podem, de certa forma, ter alterando os processos metabólicos hepáticos, a exemplo da lipidiose, mas estas alterações não afetaram os índices zootécnicos analisados.

CONCLUSÃO

A total substituição da farinha de peixe por uma fonte de farinha de vísceras de alta qualidade é viável para o cachara na fase inicial de engorda, de 90 a 250 g.

Por meio da análise de regressão, verificou-se que a combinação de fontes proteicas que proporciona o melhor ganho em peso dos peixes é 53,73% de farinha de vísceras de frango e 12,52% de farinha de resíduos de salmão. Esta combinação corresponde ao um nível de

substituição proteica de 79% da farinha de resíduos de salmão pela farinha de vísceras de frango.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e ao Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) pelo financiamento deste estudo, por meio do projeto AQUABRASIL. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas para o primeiro e último autor, respectivamente. Agradecimentos também são devidos ao Dr. Fábio Porto Foresti da Universidade Estadual Paulista, Júlio de Mesquita Filho, pelas análises de DNA, através de marcadores citogenéticos e moleculares, que permitiram a confirmação da pureza da espécie alvo deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel-Warith, A.A., Russell, P.M., Davies, S.J., 2001. Inclusion of a commercial poultry by-product meal as a protein replacement of fish meal in practical diets for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Aquaculture Research 32, 296-305.

Alexis, M.N., Papoutsoglou, E.P. e Thecohari, V., 1985. Formulation of practical diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*) made by partial or complete substitution of fish meal by poultry by products and certain plant by-products. Aquaculture 50, 61-73.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1999. In: Cunniff, P. (Ed), Official methods of analysis. 16th ed. AOAC International, Washington, DC. 1141 pp.

Bernet, D.; Schmidt, H.; Meier, W.; Wahli, T., 1999. Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. Journal of Fish Diseases 22, 25-34.

Bicudo, A.J.A; Borghesi, R; Dairiki, J.K; Sado, R.Y; Cyrino, J.E.P., 2012. Performance of juveniles of *Pseudoplatystoma fasciatum* fed graded levels of corn gluten meal. Pesquisa Agropecuária Brasileira 17, 838-845.

Borghesi, R., Daikiri, J.K. Cyrino, J.E.P., 2009. Apparent coefficient digestibility of selected feed ingredients for dourado *Salminus brasiliensis*. *Aquaculture Nutrition* 15, 453-458.

Bremer Neto, H., Graner, C.A.F., Pezzato, L.E., Padovani, C.A., Cantelmo, O.A., 2003. Diminuição do teor de óxido de cromo (III) usado como marcador externo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32 (2), 249-255.

Bureau, D.P., A.M. Harris, and C.Y. Cho., 1999. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 180, 345-358.

Bureau, D.P., A.M. Harris, D.J. Bevan, L.A. Simmons, P.A. Azevedo, and C.Y. Cho., 2000. Use of feather meals and meat and bone meals from different origins as protein sources for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *Aquaculture* 181, 281-291.

Campos J.L., 2010. O cultivo do Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*, Spix; Agassiz, 1829), outras espécies do gênero *Pseudoplatystoma* e seus Híbridos. In: Baldissieroto, B., Gomes, L.C. (Eds), *Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Segunda edição revista e ampliada*. E-UFSM, Santa Maria, pp.335-361.

Carlyle T, Duncan D., 1990. *Patología veterinaria*. Vol I. 2º ed. Buenos Aires: Ed Hemisferio. 310 p.

Cargnin-Ferreira, E.; Sarasquete, C., 2008. *Histofisiología de Moluscos Bivalvos Marinos*. Ed. CSIC, Madrid, 94p.

Cheng, Z.J.J. e Hardy, R.W., 2002. Apparent digestibility coefficients of nutrients and nutritional value of poultry byproduct meals for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) measured in vivo using settlement. *Journal of the World Aquaculture Society* 33 (4), 458-465.

Cheng, Z.J., Hardy, R.W., Huige, N.J., 2004. Apparent digestibility coefficients of nutrients in brewer's and rendered animal by-products for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquaculture Research* 35 (1), 1-9.

Cho, C.Y., e Slinger S.J., 1979. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Finfish Nutrition and Fishfeed Technology* 2, 239-247.

Cho, C. Y., Slinger S.J., e Bayley H.S., 1982. Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry Physiology* 73B:25-41.

Cowey C, Roberts R. 1983. Nutritional pathology of teleosts. In: Roberts R (ed). *Fish Pathology*. London: Balliere-Tindall, 249-255.

Crepaldi, D.V., Faria, P.M.C., Teixeira, E.A., Ribeiro, L.P. Costa, A.A.P., Melo, D.C., Cintra, A.P.R., Prado, S.A., Costa, F.A.A., Drumond, M.L., Lopes, V.E., Moraes, V.E., 2007. O surubim na aquicultura do Brasil. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 30, 150-158.

El-Haroun E.R., Azevedo P.A., Bureau D.P., 2009. High dietary incorporation levels of rendered animal protein ingredients on performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1972) *Aquaculture* 290, 269-274.

El-Sayed, A.F.M., 1998. Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), feeds. *Aquaculture. Research* 29 (4), 275-280.

Faria, A.C.E.A., Hayashi, C., Soares, C.M., 2002. Poultry by-product meal in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings diets. *Brazilian journal of animal science* 31 (2), 812-822.

Fernandes, C., Fontaínhas-Fernandes, A., Rocha, E. e Salgado, M.A., 2008. Monitoring pollution in Esmoriz-Paramos lagoon, Portugal: Liver histological and biochemical effects in *Liza saliens*. *Environment Monitoring and Assessment* 145, 315-322.

Fernandes, V.A.G., Enke, D.B.S., Fracalossi, D.M., 2011. Avaliação da qualidade da farinha de vísceras de aves produzidas por frigoríficos ou indústrias independentes, nas diferentes estações do ano. *Revista Graxaria Brasileira*, 4, ed. 21.

- Fournier, V., Huelvan, C. & Desbruyeres, E., 2004. Incorporation of a mixture of plant feedstuffs as substitute for fish meal in diets of juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 236, 451–465.
- Fowler, L.G. 1991. Poultry by product meal as a dietary protein source in fall chinook salmon diets. *Aquaculture* 99, 309-321.
- Fujimoto, R.Y. & Carneiro, D.J., 2001. Adição de ascorbil polifosfato como fonte de vitamina C em dietas para alevinos de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz 1829). *Acta Scientiarum* 23, 855-861.
- Gallagher M.L. e Degani G., 1988. Poultry meal and poultry oil as sources of protein and lipid in the diet of European eels (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture* 73,177-187.
- Gatlin, D.M. III, Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, Å., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, E.J., Stone, D., Wilson, R., Wurtele, E., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research* 38, 551 – 579.
- Gaylord, T.G., Rawles, S.D., 2005. Themodification of poultry by-product meal for use in hybrid striped bass *Morone chrysops* x *M. saxatilis* diets. *Journal of the World Aquaculture Society* 36, 365–376.
- Glencross, B.D., Booth, M. & Allan, G.L., 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition* 13, 17–34.
- Goda, A.M., El-Haroun, E.R., Kabir, C.M.A., 2007. Effect of totally or partially replacing fish meal by alternative protein sources on growth of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) reared in concrete tanks. *Aquaculture Research* 38, 279–287.

Gonçalves, E.G., Carneiro, D.J., 2003. Apparent digestibility coefficients of protein and energy of some ingredients used in pintado, *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829), diets. Brazilian Journal of Animal Science 32 (4), 779-786.

Guimarães, I.G., Pezzato, L.E., Barros, M.M., 2008. Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Nutrition 14 (5), 396-404.

Guo, J., Wang, Y., Bureau, D.P., 2007. Inclusion of rendered animal ingredients as fishmeal substitutes in practical diets for cuneate drum, *Nibea miichthioides* (Chu, Lo et Wu). Aquaculture Nutrition 13, 81–87.

Hibiya T. 1982. An atlas of fish histology normal and pathological features. Tokio, Japan: Ed Kodansha. pp.147.

Jackson, A.J., 2007. Challenges and opportunities for the fishmeal and fish oil industry. Feed Technology Update 2 (1), pp.9.

Lee, S.M., 2002. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebastes schlegeli*). Aquaculture, 207, 79–95.

Lim, Se-Jin, Kim, Sung-Sam, Ko, Gyung-Yong, Song, Jin-Woo, Oh, Dae-Han, Kim, Jin-Dong, Kim, Jung-Un, Lee, Kyeong-Jun., 2011. Fish meal replacement by soybean meal in diets for Tiger puffer, *Takifugu rubripes*. Aquaculture 313 (15), 165-170.

Martino R.C., Cyrino, J.E.P., Portz, L., Trugo, L.C., 2002. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma corruscans*. Aquaculture 209, 209–218.

Martino R.C.; Cyrino, J.E.P.; Portz, L.; Trugo, L.C., 2005. Performance, carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. Aquaculture Nutrition 11, 131–137.

Masagounder, K., Firman, J.D., Hayward, R.S., Sun, S., Brown, P.B., 2009. Apparent digestibilities of common feedstuffs for bluegill *Lepomis macrochirus* and largemouth bass *Micropterus salmoides* using individual test ingredients. *Aquaculture Nutrition* 15 (1), 29-37.

National Research Council (NRC), 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. National Academic Press. Washington, D.C., pp.360.

National Research Council (NRC), 1993. Nutrient requirements of fish. National Academic Press. Washington, D.C., pp.114.

Naylor, R.L., Hardy, R.W., Bureau, D.P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A.P., Forster, I., Gatlin, D.M., Goldburg, R.J., Hua, K., Nichols, P.D., 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 15103-15110.

Nengas, I., Alexis, M.N., Davies, S.J., 1999. High inclusion levels of poultry meals and related byproducts in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture*, 179, 13-23.

Portz, L., Cyrino, J.E.P., 2004. Digestibility of nutrients and amino acids of different protein sources in practical diets by largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepède 1802). *Aquaculture Research* 35, 312-320.

Robinson E.H. and Li, M.H., 1998. Comparison of practical diets with and without animal protein at various concentrations of dietary protein for performance of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, raised in earthen ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* 29, 273-280.

Saoud, I.P., Rodgers, L.J., Davis, D.A., Rouse, D.B., 2008. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Aquaculture Nutrition* 14 (2), 139-142.

Sato Y. & Godinho H. P., 2003. Migratory fishes of the São Francisco River. In: Carolsfeld J, Harvey B, Ross C, Baer, A. *Migratory fishes of South America*. Victoria, BC, Canada: World Fisheries Trust, 195–231.

Sato, Y.; Fenerich-Verani, N.; Godinho, H. P., 2003. Reprodução induzida do surubim da Bacia do São Francisco. In: Godinho, H. P.

Godinho, A. L. (Orgs.). Aguas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas, 275-289.

Scorvo Filho, J.D., Romagosa, E., Ayroza, L.M.S., Frascá-Scorvo C.M.D., 2008. Desempenho produtivo do pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix & Agassiz 1829), submetidos a diferentes densidades de estocagem em dois sistemas de criação: intensivo e semi-intensivo. Boletim Instituto de Pesca 34 (2), 181 – 188.

Shapawi, R., Ng, W.-K., Mustafa, S., 2007. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. Aquaculture 273, 118–126.

Silva, T.S.C; Moro, G.V; Silva, T.B.A; Dairik, J.K., Cyrino, J.E.P., 2013. Digestibility of feed ingredients for the striped surubim *Pseudoplatystoma reticulatum*. Aquaculture Nutrition 19, 491-498.

Sindirações, 2009. Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal. Gráfica São José, São José do Rio Preto.

Steffens, W., 1994. Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture 124, 27-34.

Stone, D.A.J., Allan, G.L., Parkinson, S. & Rowland, S.J., 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: III. Digestibility and growth using meat meal products. Aquaculture 186, 311–326.

Sugiura, S.H., Babbitt, J.K., Dong, F.M. & Hardy, R.W., 2000. Utilization of fish and animal by-product meals in low-pollution feeds for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture Research 31, 585–593.

Tacon, A.G.J., Metian, M., 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture 285, 146–158.

Takagi, S.T., Hosokawa, H., Shimeno, S., Ukawa, M., 2000. Utilization of poultry by-product meal in a diet for red sea bream *Pagrus major*. Nippon Suisan Gakkaishi 66, 428–438.

Takahashi, L.S.I., Cyrino J.E.P., 2006. Dietary carbohydrate level on growth performance of speckled catfish, *Pseudoplatystoma corruscans*. Journal of Aquaculture on Tropics 21 (1), 13-19.

Thompson, K.R., Rawles, S.D., Metts, L.S., Smith, R., Wimsatt, A., Gannam, A.L., Twibell, R.G., Johnson, R.B., Brady, Y.J., Webster, C.D., 2008. Digestibility of Dry Matter, Protein, Lipid, and Organic Matter of Two Fish Meals, Two Poultry By-product Meals, Soybean Meal, and Distiller's Dried Grains with Solubles in Practical Diets for Sunshine Bass, *Morone chrysops* × *M. saxatilis*. Journal of the World Aquaculture Society, 39 (3), 352-363.

Trigo F. 1998. Patología general veterinaria. 2° ed. España: Interamericana McGraw-Hill. 242 p.

Turker, A., Yigit, M., Ergun, S., Karaali, B., Erteken, A., 2005. Potential of poultry by-product meal as a substitute for fish meal in diets for Black Sea turbot *Scophthalmus maeoticus*: growth and nutrient utilization in winter. Israeli Journal of Aquaculture Bamidgeh 57, 49–61.

Wang Yan, Li Kai, Han Hua, Zheng Zhou-Xin, Bureau D. P., 2008. Potential of using a blend of rendered animal protein ingredients to replace fish meal in practical diets for malabar grouper (*Epinephelus malabricus*). Aquaculture 281 (1–4), 113-117.

Webster, C.D., Thompson, K.R., Morgan, A.M., Grisby, E.J., Gannam, A.L., 2000. Use of hempseed meal, poultry byproduct meal, and canola meal in practical diets without fish meal for sunshine bass (*Morone chrysops* X *M. saxatilis*). Aquaculture 188 (3-4), 299-309.

Yang, Y., Xie, S., Cui, Y., Lei, W., Zhu, X., Yang, Y., Yu, Y., 2004.

Effect of replacement of dietary fish meal by meat and bone meal and

poultry by-product meal on growth and feed utilization of gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. Aquaculture Nutrition 10, 289–294.

Yang, Y., Xie, S., Cui, Y., Zhu, X., Lei, W., Yang, Y., 2006. Partial and

total replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets for gibel carp, *Carassius auratus gibelio* Bloch. *Aquaculture Research* 37, 40–48.

Yigit, M., Erdem, M., Koshio, S., Ergun, S., Turker, A., Karaali, B., (2006). Substituting fish meal with poultry by-product meal in diets for black Sea turbot *Psetta maeotica*. *Aquaculture Nutrition* 12 (5), 340-347.

Zhou, Q.-C., Tan, B.-P., Mai, K.-S. & Liu, Y.-J. (2004) Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture* 241, 441–451.

Zhou, Qi-Cun, Zhao, Juan, Li Peng, Wang Hua-Lang, Wang Li-Gai. (2011) Evaluation of poultry by-product meal in commercial diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture* 322-323, 122–127.

CONCLUSÕES GERAIS

- A exigência de proteína estimada que proporcionou o maior ganho de peso de juvenis de cachara entre 16 e 85 g foi de 49,25% de proteína bruta, em uma dieta com 4.600 kcal/kg. Isto é equivalente a 44,79% de proteína digestível, e a relação de energia bruta por proteína digestível foi de 10.27 kcal/g.

- As dietas com 50% de proteína bruta proporcionaram uma maior atividade das enzimas proteolíticas, porém o excesso de proteína (acima de 50%) provocou uma redução nessas atividades enzimática e no crescimento de juvenis de cachara.

- A total substituição da farinha de peixe por uma fonte de farinha de vísceras de alta qualidade é viável para o cachara na fase inicial de engorda, de 90 a 250 g.

- Através da análise de regressão, a combinação de fontes proteicas que proporciona o melhor ganho em peso dos peixes é de 53,73% de farinha de vísceras de frango e 12,52% de farinha de resíduos de salmão. Esta combinação corresponde a um nível de substituição proteica de 79% da farinha de resíduos de salmão pela farinha de vísceras de frango.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos aqui relatados fazem parte de uma linha de pesquisa para aprofundar o conhecimento sobre algumas espécies de interesse para a aquicultura brasileira, selecionadas pelo programa AQUABRASIL. O cachara foi uma destas espécies e o LABNUTRI participou deste projeto com a realização de pesquisas voltadas para a nutrição desta espécie. Além destes estudos, mais um trabalho foi realizado e relatado na dissertação de Douglas Amaral da Cunha, recentemente defendida, onde a exigência energética do cachara foi estimada.

Abaixo seguem alguns aspectos da prática diária que podem facilitar novos estudos com essa espécie:

Como medida profilática, o sistema de recirculação em que se encontravam os peixes foi mantido salinizado a 1,5 g/L para evitar a infestação por monogenea e íctio, já que normalmente os bagres são bastante susceptíveis a estas enfermidades.

Constatou-se que o fotoperíodo de conforto para essa espécie é 24 h escuro, pois qualquer iluminação causava estresse aos animais, o que restringia o consumo, ou até causava a regurgitação da dieta ingerida. Tanques circulares se apresentaram como a melhor opção para manutenção dos peixes, quando comparados com tanques retangulares. Observou-se que os peixes se distribuíam mais uniformemente nos tanques circulares, parecendo estar mais confortáveis.

Foram adquiridos alevinos treinados a comer ração extrusada de baixa densidade (flutuante), porém o LABNUTRI, na época do início do experimento, não dispunha de extrusora, por isso a dieta oferecida foi peletizada. Portanto, para rigorosa observação do consumo, constatado pelos baixos índices de conversão, foi utilizada uma lanterna, porém essa prática assustava os animais. Para próximos estudos com a espécie, recomenda-se a utilização de dietas extrusadas de baixa densidade pela facilidade de observação do consumo, além da melhora na disponibilidade de nutrientes.

No ensaio de digestibilidade, foram testados alguns métodos para coleta de fezes, tais como: extrusão, dissecação, sedimentação. Para as duas primeiras práticas, a quantidade de fezes coletada era pequena, sendo necessários muitos animais para conseguir a quantidade ideal de amostra para as análises. Já no método de sedimentação, os animais não se adaptaram aos tanques cilíndrico-cônicos e não se alimentavam. Por isso foram mantidos nos tanques retangulares, com fundo plano, para

alimentação, sendo transferidos na hora da coleta das fezes para os tanques cilíndrico-cônicos, com o auxílio de gaiolas, onde permaneciam durante a coleta.

O alto teor de proteína exigido para esta espécie mostra a defasagem encontrada nas rações comerciais, que normalmente contém 42% de proteína bruta. Portanto, as rações utilizadas pelos produtores estão aquém das reais necessidades proteicas do animal, prejudicando e reduzindo o potencial de crescimento nos cultivos.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ABDEL-WARITH, A.A., RUSSELL, P.M., DAVIES, S.J., Inclusion of a commercial poultry by-product meal as a protein replacement of fish meal in practical diets for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). **Aquaculture Research** v.32, p.296-305, 2001.

BATLOUNI, S.R., ROMAGOSA, E., BORELLA, M.I. The reproductive cycle of male catfish *Pseudoplatystoma fasciatum* (Teleostei, Pimelodidae) revealed by changes of the germinal epithelium an approach addressed to aquaculture. **Animal Reproduction Science** v. 96, p. 116-132, 2006.

BECHARA, J.A.; ROUX, J.P.; RUIZ-DIAZ et al. The effect of dietary protein level on pond water quality and feed utilization efficiency of pacú, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Aquaculture Research**, v. 36, n. 6, p. 546-553, 2005.

BICUDO, A.J.A; BORGHESI, R; DAIRIKI, J.K; SADO, R.Y; CYRINO, J.E.P. Performance of juveniles of *Pseudoplatystoma fasciatum* fed graded levels of corn gluten meal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.17, p.838-845, 2012.

BRASIL, MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura Brasil 2010**. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/index.php/informacoes-e-estatisticas/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>. Acesso em: 2 de setembro. 2013.

BITRAGO-SUÁREZ, U. A.; BURR, B. M. Taxonomy of the catfish genus *Pseudoplatystoma* Bleeker (Siluriformes: Pimelodidae) with recognition of eight species. **Zootaxa**, v.1512, p.1-38, 2007.

CAMPOS P.; MARTINO R. C.; TRUGO L.C. Amino acid composition of Brazilian surubim fish (*Pseudoplatystoma corruscans*) fed diets with different levels and sources of fat. **Food Chemistry**, v.96 p.126–130, 2006.

CREPALDI, D.V., FARIA, P.M.C., TEIXEIRA, E.A., RIBEIRO, L.P. COSTA, A.A.P., MELO, D.C., CINTRA, A.P.R., PRADO, S.A., COSTA, F.A.A., DRUMOND, M.L., LOPES, V.E., MORAES, V.E., O surubim na aquicultura do Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30, p.150-158, 2007.

EL-HAROUN E.R., AZEVEDO P.A., BUREAU D.P. High dietary incorporation levels of rendered animal protein ingredients on performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1972). **Aquaculture**, v.290, n 3-4, p. 269-274, 2009.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations - Fisheries and Aquaculture Department, 2013. **Global Aquaculture Production Statistics for the year 2011**. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/FI/news/GlobalAquacultureProductionStatistics2011.pdf> Acessado em: 6 de setembro de 2013.

FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.3, p. 646-653, 2000.

FERNANDES, V.A.G., ENKE, D.B.S., FRACALOSSI, D.M. Avaliação da qualidade da farinha de vísceras de aves produzidas por frigoríficos ou indústrias independentes, nas diferentes estações do ano. **Revista Graxaria Brasileira**, v. 4, ed. 21, 2011.

FERNANDES, V.A.G. **Avaliação da qualidade da farinha de vísceras de aves de diferentes indústrias e épocas do ano**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 73p. 2011.

FOWLER, L.G. Poultry by-product meal as a dietary protein source in fall chinook salmon diets. **Aquaculture**, v.99, p.309-321, 1991.

FUJIMOTO, R.Y.; CARNEIRO, D.J. Adição de ascorbil polifosfato como fonte de vitamina C em dietas para alevinos de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz 1829). **Acta Scientiarum**, v.23, p.855-861, 2001.

GAYLORD, T.G., RAWLES, S.D. The modification of poultry by-product meal for use in hybrid striped bass *Morone chrysops* X *M. saxatilis* diets. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.36, n.3, p. 363-374. 2005.

GJEDREM, T. Genetic improvement of cold-water fish species. **Aquaculture Research**, v.31, p. 25-33, 2000.

GODA, A.M., EL-HAROUN, E.R., CHOWDHURY, M.A.K. Effect of totally or partially replacing fish meal by alternative protein sources on growth of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) reared in concrete tanks. **Aquaculture Research**, v.38, n.3, p.279-287, 2007.

GONÇALVES, E. G. **Coefficientes de digestibilidade aparente da proteína e da energia dos alimentos e exigência de proteína digestível em dietas para o crescimento do pintado, *Pseudoplatystoma corruscans***. Dissertação (Mestrado), Universidade estadual de São Paulo, Jaboticabal, 52p. 2002.

INOUE, L.A.K.A., HISANO, H., ISHIKAWA, M.M., ROTTA, M.A., SENHORINI, J.A. **Princípios básicos para produção de alevinos de surubins (pintado e cachara)**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental; Corumbá: Embrapa Pantanal. 26 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 99; Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 68; Embrapa Pantanal. Documentos, 100), 2009.

IZEL, A.C.U.; PEREIRA-FILHO, M.; MELO, L.A.S.; MACÊDO, J.L.V. Avaliação de níveis proteicos para a nutrição de juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*). **Acta Amazonica**, v.34, n.2, p.179-184, 2004.

JORGE NETO, G. Qualidade nutricional do subproduto de graxaria avícola. In: **Abate e processamento de frangos**. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, p. 119-128, 1994.

LEONARDO, A.F.G., ROMAGOSA, E., BORELLA, M.I., BATLOUNI, S.R. Induced spawning of hatchery-raised Brazilian catfish, cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus 1766). **Aquaculture**, v. 240, p.451-461, 2004.

LEE, S.M. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebastes schlegeli*). **Aquaculture**, v. 207, p.79–95, 2002.

LIM, C.; SUKHAWONGS, S.; PASCUAL, F.P. A preliminary study on the protein requirements of *Chanos chanos*, fry in a controlled environment. **Aquaculture**, v.17. p.195-201. 1979.

LIMA, L.R. **Redução de fósforo em rações para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*)**. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 74p. 2010.

LOVELL, R.T. **Nutrition and Feeding of Fish**. Boston: Kluwer Academic Press, 1998.

LUNDSTEDT, L.M. **Aspectos adaptativos dos processos digestivo e metabólico de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) arraçoados com diferentes níveis proteína e energia**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, 2003.

MARTINO R.C.; TRUGO, L.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L. Use of white fat as replacement for squid liver oil in practical diets for surubim, *Pseudoplatystoma corruscans*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.34, n.2, p.192-202, 2003.

MARTINO R.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.; TRUGO, L.C. Performance, carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. **Aquaculture Nutrition**, v.11 p.131–137, 2005.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de alguns alimentos protéicos para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p. 1801-1809, 2003.

MEYER, G.; FRACALOSSI, Protein requirement of of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, v. 240, n.1-4, p. 331-343, 2004.

NAYLOR, R.L.; GOLDBURG, R.J.; PRIMAVERA, J.H. Effects of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 5, p. 1017-1024, 2000.

NENGAS, I., ALEXIS, M. N., DAVIES, S. J. High inclusion levels of poultry meals and related byproducts in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture**, v.179, p. 13-23, 1999.

NEW, M. B. e WIJKSTROM, U. N. **Use of fishmeal and fish oil in aquafeeds: further thoughts on the fishmeal trap**. FAO Fisheries Circular (975): FAO, Rome Italy, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, D.C.: National Academic Press, p.360, 2011.

PEZZATO, L. E. Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para indústria da nutrição de peixes no Brasil. **Simpósio Internacional sobre Nutrição e Crustáceos**, Campos do Jordão. v.1, p. 34-52, 1995.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.Q.; FURUYA, W.M.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.4, p.1595-1604, 2002.

QUEIROZ, J. F.; LOURENÇO, J. N. P.; KITAMURA, P. C. A **Embrapa e a aqüicultura: demandas e prioridades de pesquisa**. (ed. Embrapa informações tecnológicas) Brasília, p. 40, 2002.

RAWLES, S.D., GAYLORD, T.G., MCENTIRE, M.E., FREEMAN, D.W. Evaluation of Poultry By-product Meal in Commercial Diets for Hybrid Striped Bass, *Morone chrysops* female x *Morone saxatilis* male, in Pond Production. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 40, n.2, p. 141-156. 2009.

SÁ, M.V.C. & FRACALLOSSI, D.M. Exigência proteica e relação energia/proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignianus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.1-10, 2002.

SABINO, H.F.N. & FINZER, J.R.D. Subprodutos no processamento de aves. **Anais da V Jornada Científica das Faculdades Associadas de Uberaba**, Uberaba, MG, 2006.

SAMPAIO, A.M.B.M.; KUBITZA, F.; CYRINO, J.E.P. relação energia: proteína na nutrição do tucunaré. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, p.213-219, 2000.

SHAPAWI, R., NG, W., MUSTAFA, S. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*, **Aquaculture**, v.273, p.118-126, 2007.

SHIAU, S. Y.; LAN, C. W. Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (*Epinephelus malabaricus*). **Aquaculture**, v. 145, n. 1-4, p. 259-266, 1996.

SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A.; REIDEL, A. Farinha de vísceras de aves na alimentação de alevinos de lambari. **Ciência Rural**, v. 38, n.8, p.2339-2344, 2008.

SILVA, T.S.C. MORO, G.V.; SILVA, T.B.A.; DAIRIKI, J.K.; CYRINO, J.E.P. Digestibility of feed ingredients for the striped surubim *Pseudoplatystoma reticulatum*. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, p. 491-498, 2013.

SINDIRAÇÕES (São Paulo - SP - Brasil). **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. São José do Rio Preto: Gráfica São José, 2009.

SINGH, R.K.; DESAI, A.S.; CHAVAN S.L.; KHANDAGALE, P.A. Effect of water temperature on dietary protein requirement, growth and body composition of Asian catfish, *Clarias batrachus* fry. **Journal of Thermal Biology**, v.34, p.8-13, 2009.

STECH, M. R. **Enzimas exógenas na alimentação do cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*)**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

TACON, A.G.J.; COWEY, C.B. Protein and amino acid requirements. In: TYTLER, P.; CALOW, P. (Eds.). **Fish energetics. New perspectives**. Johns Hopkins University Press, Baltimore, p.155-185, 1985.

TACON, A.G.J. Feed ingredients for warmwater fish. In: **Fish meal and other processed feedstuffs**. Rome: FAO, 64p. (Fisher Circular, n.856), 1993.

TACON, A.G.J. & METIAN M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture**, v.285, p.146–158, 2008.

TAKAGI, S., HOSOKAWA, H., SHIMENO, S., UKAWA, M. Utilization of poultry by-product meal in a diet for red seabream *Pagrus major*. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v.66, n.3, p.428-438. 2000.

TEIXEIRA, E. A. ; CREPALDI, D. V. ; RIBEIRO, L. P. ; SALIBA, E. O. S. ; EULER, A. C. C. ; FARIA, P. M. C. ; MELO, D. C. . Substituição de farinha de peixes em rações para peixes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 30, p. 118-125, 2006.

TEIXEIRA, E.A. **Avaliação de alimentos e exigência de energia e proteína para juvenis de surubim (*Pseudoplatystoma* spp)**. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 88p. 2008.

TEIXEIRA, B.; MACHADO, C.C; FRACALOSSI, D.M. Exigência proteica em dietas para alevinos do dourado (*Salminus brasiliensis*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 33-38, 2010.

TEIXEIRA E.A.; MACHADO, C.C.; FRACALOSSI, D.M. Coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1180-1185, 2010.

TIDWELL, J.H., COYLE, S.D., BRIGHT, L.A., YASHARIAN, D. Evaluation of plant and animal source proteins for replacement of fish meal in practical diets for the largemouth bass *Micropterus salmoides*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.36, n.4, p.454-463. 2005.

UBABEF. **União Brasileira de Avicultura**. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/41c30a0f46702351b561675f70fae077.pdf>. Acessado em 10 de setembro de 2013.

WILSON, R.P. Amino Acids and Protein. In: John Halver, Ronald Hard, (Eds). **Fish Nutrition**. Third Edition. Elsevier Science (USA), p. 143-179, 2002.

WEBSTER, C.D., THOMPSON, K.R., MORGAN, A.M., GRISBY, E.J., GANNAM, A.L. Use of hempseed meal, poultry byproduct meal, and canola meal in practical diets without fish meal for sunshine bass (*Morone chrysops* X *M. saxatilis*). **Aquaculture**, v.188, n.3-4, p.299-309. 2000.

WILLIAMS, K.C., IRVIN, S., BARCLAY, M., 2004. Polka dot grouper *Cromileptes altivelis* juvenile require high protein and moderate lipid diets for optimal growth and nutrient retention. **Aquaculture Nutrition**, v. 10, p. 125–134, 2004.

YIGIT, M., ERDEM, M., KOSHIO, S., ERGUN, S., TURKER, A., KARAALI, B. Substituting fish meal with poultry by-product meal in diets for black Sea turbot *Psetta maeotica*. **Aquaculture Nutrition**, v.12 n.5, p. 340-347, 2006.

ZHOU, QI-CUN, ZHAO, JUAN, LI PENG, WANG HUA-LANG, WANG LIGAI. Evaluation of poultry by-product meal in commercial diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 322-323, p. 122–127, 2011.

ANEXO



Figura 1: Cacharas, *Pseudoplatystoma reticulatum*



Figura 2: Tanques experimentais: (A) Tanques retangulares de 120 litros. (B) Tanques redondos de 150 litros. (C) Tanques cilíndricos cônicos de 200 litros.



Figura 3: Dietas experimentais: (A) Dieta ensaio de crescimento. (B) dieta ensaio de digestibilidade.